

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

GHISLAINE LURY TESTONI

PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE DE OPERAÇÃO DE UM ARMAZÉM GERAL  
RETROPORTUÁRIO

Joinville

2016

GHISLAINE LURY TESTONI

PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE DE OPERAÇÃO DE UM ARMAZÉM GERAL  
RETROPORTUÁRIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no Curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Dra. Eng. Vanina Macowski Durski Silva.

Joinville

2016

## AGRADECIMENTOS

A professora e orientadora Vanina Macowski Durski Silva que me orientou e deu apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais professores do Curso de Engenharia de Transportes e Logística, pela atenção, sugestões e principalmente pela motivação proporcionada.

A Aliança Transporte Multimodal, principalmente ao Gustavo Costa e Luciano Gresele, pela oportunidade de conhecimento dos seus processos e ao fornecimento dos dados para a realização deste estudo.

Aos meus amigos em especial Amanda Albring, Ana Paula de Oliveira, Bianca Gonçalves Olivier, Isadora Rodrigues, Ícaro Alexandre Orlandi, Mateus Piazzentin, Talyta Abichabki, Thayara Monteiro e Paola Fróes que me ensinaram, apoiaram e contribuíram para minha formação.

Especialmente gostaria de agradecer aos meus pais (pai *in memoriam*), minha mãe Luciana dos Santos Testoni, minha avó Dona Marly dos Santos, meu irmão Gabriel Fogaça, e mesmo de longe aos meus tios Suelen dos Santos e Sergio Arribas García, ao incentivo e apoio ao meu estudo, nunca medindo esforços para isto e pela compreensão de minha ausência em alguns momentos importantes, devido a minha dedicação a esta fase.

“Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes.” (Albert Einstein)

*“Acts become Habits. Habits become Character. Character becomes Destiny”* (Jay W. Forrester)

## RESUMO

Este estudo tem como objetivo desenvolver um modelo que analise os efeitos e consequência de um planejamento elaborado, levando em consideração os perfis de cargas manipuladas no processo operacional de exportação em um terminal retroportuário. Foi desenvolvido através de duas frentes: uma teórica e outra computacional. Na frente teórica foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre operações em armazéns retroportuários. Ao mesmo tempo foram acompanhadas as operações realizadas pela empresa ATM, Itapoá-SC, às cargas destinadas à exportação, bem como realizado o levantamento de dados e premissas adotadas do modelo desenvolvido. Posteriormente, definindo a Simulação como técnica para a modelagem do problema, foi realizado um estudo sobre Eventos Discretos, suas vantagens e desvantagens para dar continuidade no modelo. Em relação à frente computacional, o modelo contribui para o entendimento dos processos representados conforme o perfil de carga manipulado. Tais processos reforçam a importância de um planejamento operacional estruturado e preparado com técnicas para as melhores tomadas de decisões, visando respeitar a capacidade operacional e uma estimativa de potenciais operações possíveis. Por fim, obteve-se como resultado uma análise específica através de diferentes cenários que variaram a capacidade estática do terminal de 63% a 119%, levando em consideração os dois perfis de cargas selecionados, tornando-se isto como base para tomada de decisões referentes à capacidade operacional e demanda para a empresa.

**Palavras-chave:** Capacidade Operacional, Eventos Discretos, Armazém Retroportuário, Processo Operacional de Exportação.

## ABSTRACT

This study aims to develop a model that analyzes the effects and consequences of an elaborated planning, taking into account the cargo profiles manipulated in the export process in a back-end terminal. It was developed through two fronts: one theoretical and the other computational. On the theoretical front a bibliographical research was carried out on operations in retroport warehouses. At the same time, the operations carried out by the ATM company, Itapoá-SC, were accompanied by the cargoes designed for export, as well as the data collection and assumptions adopted of the developed model. Later, defining Simulation as a technique for modeling the problem, a study on Discrete Events, its advantages and disadvantages was carried out to give continuity to the model. In relation to the computational front, the model contributes to the understanding of the processes represented according to the manipulated load profile. These processes reinforce the importance of a structured and prepared operational planning with techniques for the best decision making, aiming to respect the operational capacity and an estimate of possible potential operations. Finally, we obtained as a result a specific analysis through different scenarios that varied the static capacity of the terminal from 63% to 119%, taking into account the two load profiles selected, becoming this as a basis for decision making regarding Operational capacity and demand for the company.

**Key words:** Operational Capacity, Discrete Events, Retroport Warehouse, Export Operating Process.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos constituintes da área portuária .....	15
Figura 2 - Fluxograma de etapas de pesquisa.....	18
Figura 3 - Pesquisa bibliográfica .....	18
Figura 4 - Fluxograma de etapas do processo .....	19
Figura 5 - Fluxograma de negociações no processo de Exportação .....	21
Figura 6 - Índice de exportação 2015 .....	23
Figura 7 - Tipos de mercadorias .....	34
Figura 8- Consolidação mercadoria.....	36
Figura 9 - Vantagens do lay-out operacional.....	38
Figura 10 - Armazenagem .....	41
Figura 11 - Fracionamento e agregação .....	42
Figura 12 - Combinação de armazém e fracionamento/agregação .....	43
Figura 13 - Fluxo de atividades .....	48
Figura 14 - Fluxo para estudar o sistema .....	53
Figura 15 - Base conceitual de simulação .....	55
Figura16 - Técnicas de modelagem conforme a complexidade e variáveis dos problemas .....	55
Figura 17 - Exemplo de simulação determinística e estocástica .....	58
Figura 18 - Simulação de Eventos Discretos e Contínuos .....	59
Figura 19 - Escala no nível de abstração.....	60
Figura 20 - Abordagens em modelagens conforme o nível de abstração .....	61
Figura 21 - Elementos do sistema DES .....	62
Figura 22– Terminal retroportuáriode Itapoá .....	67
Figura 23 - Organograma CFS .....	68
Figura 24 - Processo Exportação .....	69
Figura 25– Processos operacionais realizados pela ATM - Itapoá para cargas de exportação .....	74
Figura 26 - Alocação carga ao armazém .....	77
Figura 27 - Operação Celulose .....	78
Figura 28 – AZ2 operação madeira .....	79
Figura 29 – AZ1 área útil .....	81
Figura 30 - Distribuição .....	83

Figura 31 - Modelo Conceitual .....	85
Figura 32 - Operação de descarga .....	86
Figura 33 - Modelo da operação de celulose .....	87
Figura 34 - Modelo da operação de Madeira .....	88
Figura 35 - Lay-out do armazém retroportuário da empresa em estudo .....	89
Figura 36 - Perspectiva 3D do modelo .....	90



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo Anual de Movimentações de Contêineres no Brasil, em toneladas .....	14
Tabela 2 - Curva ABC .....	40
Tabela 3 - Classificação de Modelos .....	54
Tabela 4 - Capacidade Operacional Atual de Itapoá .....	73

## LISTA DE SIGLAS

ABMS - *Agent Based Modeling and Simulation*;  
ANTAQ - *Agência Nacional de Transporte Aquaviário*;  
ATM - *Aliança Transporte Multimodal*;  
AZ1 - *Armazém Um*;  
AZ2 – *Armazém Dois*;  
CFS - *Container Freight Station*;  
DEPOT - *Depósito*;  
DES- *Simulação de Eventos Discretos*;  
EDI - *Electronic Data Interchange*;  
EQ1- *Equipe Um*;  
EQ2 - *Equipe Dois*;  
EUA - *Estados Unidos*  
IMAM - *Gerenciamento da Logística e Cadeia de Suprimentos*;  
IMO - *Organização Marítima Internacional*;  
KS – *Kolmogorov Smirnov*;  
NF - *Nota Fiscal*;  
SD -*Systems Dynamics*;  
TEUs - *Twenty-foot Equivalent Unit*;  
TUPs- *Terminais de Uso Privado*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO	13
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	17
1.3	MÉTODO DE PESQUISA	17
1.4	JUSTIFICATIVAS	20
1.4.1	Justificativas econômicas e operacionais	20
1.4.2	Justificativas acadêmicas	25
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	25
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>27</b>
2.1	OPERAÇÕES RETROPORTUÁRIAS	27
2.2	ARMAZENAGEM	29
2.2.1	Princípios básicos da armazenagem	29
2.2.2	Razões de armazenagem	30
2.2.3	Finalidade da armazenagem	35
2.2.4	Gerenciamento da Armazenagem	37
2.2.5	Capacidade Estática	44
2.2.6	Tempo Médio de Permanência	46
2.2.7	Taxa de ocupação das áreas do Armazém	47
2.2.8	Planejamento das Operações de Armazenagem	47
2.3	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	51
2.3.1	Modelagem computacional	51
2.3.2	Definição de simulação computacional	56
2.3.3	Métodos de simulação aplicáveis a modelagem de problema de armazenagem	60
2.4	DEFINIÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS	61
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>66</b>
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO	66
3.2	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO ATUAL	68
3.3	MÉTODO DO ESTUDO	77
3.3.1	Operação com o material do tipo celulose	78

3.3.2	Operação com material do tipo madeira .....	78
3.3.3	Capacidade estática.....	80
3.3.4	Análise estatística .....	82
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	85
4.1	ELABORAÇÃO DO MODELO .....	85
4.2	RESULTADOS .....	90
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	96
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	97
	REFERÊNCIAS.....	98

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o tema, o contexto do problema, justificativas, o método de estudo, bem como objetivos gerais e específicos.

### 1.1 TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

Os períodos de fartura e de escassez da história da humanidade estão intrinsecamente relacionados com a necessidade do abastecimento dos povos e assim, como consequência, a operação logística de armazenagem teve início (RODRIGUES, 2003).

O processo de estocagem, no que tange à atividade empresarial, contempla alguns desafios, sendo um dos principais, a estimativa de demanda, pois esta afeta diretamente o dimensionamento de produção e insumos. Se a demanda pelos produtos da empresa for conhecida com exatidão e se as mercadorias puderem ser fornecidas instantaneamente, teoricamente não haverá necessidade de espaço para estoques (BALLOU, 1993).

Para amenizar a dificuldade de estimar a demanda, uma das funções da operação logística de armazenagem é servir como uma reserva de produtos para variações aleatórias, podendo a empresa ter maior responsividade e obter maior vantagem competitiva.

Segundo Ballou (1993), “armazenagem e manuseio de mercadorias são componentes essenciais do conjunto de atividades logísticas e seus custos podem absorver de 12 a 40% das despesas logística da empresa”.

A necessidade de adequação das empresas ao cenário volátil de demanda fez com que a fluxo do sistema logístico fosse cada vez mais desenvolvido e aprimorado, atingindo assim um nível de serviço competitivo o suficiente para manter a empresa no mercado (BALLOU, 1993).

No caso de um armazém geral retroportuário, grande volume de produto é movimentado, inserindo e expedindo materiais na cadeia de suprimentos de empresas que demandam serviços relacionados ao porto.

Devido ao aumento do comércio global, o transporte internacional marítimo tem crescido rapidamente ao longo das últimas décadas. Em especial, o transporte e frete marítimo de contêineres, é o que mais tem crescido, cerca de 7 a 9% ao ano, enquanto outros têm crescido em torno de 2% ao ano (CRANIC; KIM, 2007, p.467). Dados atualizados da Agência Nacional de Transporte Aquaviário - ANTAQ (2016) para o cenário brasileiro não é diferente, a movimentação de contêineres entre 2010 e 2016, tomando o total de observações nota-se um incremento médio de 3,30% ao ano, mesmo com a taxa negativa no ano de 2016, como demonstrado na Tabela 1:

Tabela 1- Comparativo Anual de Movimentações de Contêineres no Brasil, em toneladas

<b>Ano</b>	<b>Movimentações</b>	<b>TON</b>	<b>Percentagem de aumento em relação ao ano anterior</b>
2010	22,40%	47.779.437	Sem Registro
2011	23,90%	53.888.772	12,79%
2012	24,50%	56.420.701	4,70%
2013	26,70%	62.396.899	10,59%
2014	26,60%	65.960.799	5,71%
2015	26,70%	66.564.799	0,92%
2016	26,80%	56.650.092	-14,89%
Média	25,37%	58.523.071	3,30%

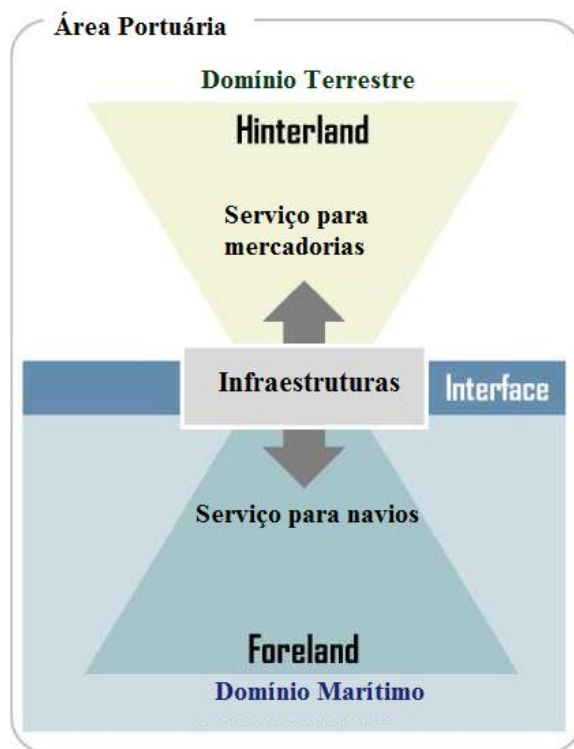
Fonte: Adaptado de ANTAQ (2016)

Através dos dados de movimentação de contêineres nos últimos anos, pode-se perceber uma oscilação, com decréscimos nos anos de 2012 e 2016 podendo ser o primeiro justificado pela crise mundial econômica e já o de 2016 se justifica pela crise política interna enfrentada no país. Sendo estes momentos de recessão estratégicos para alinhamentos de processos e elaboração de novas estratégias por parte da cadeia logística envolvida para se preparar quando o cenário melhorar.

O fluxo de movimentações portuárias, pode se chamar de demanda portuária e depende totalmente da oferta de infraestrutura disponível na área onde o terminal portuário está situado. O porto e terminal portuário são intitulados por lei como zona primária em território aduaneiro, realizando processos com tempo estimado de permanência para haver uma maior rotatividade e cumprimento de

prazos estipulados. Também operam com capacidade operacional limitada e com condições tarifárias de operações mais atrativas ao mercado. Levando em consideração estas características, estrategicamente surge a necessidade de serviços de apoio ao terminal portuário para assegurar o atendimento da demanda. Na Figura 1, apresenta-se os elementos constituintes da área portuária.

Figura 1 – Elementos constituintes da área portuária



Fonte: Adaptado de Rodrigues e Notteboom (2000)

Na área portuária é importante a oferta de um serviço retroportuário (como por exemplo, a presença de um terminal portuário especializado em diversos processos), principalmente para casos onde o porto contém algumas deficiências ou limitação operacional. Deste modo, processos que poderiam ser operados no porto podem ser transferidos à área retroportuária e assim, a carga é transportada somente no momento exato para o início da realização de determinado processo dentro do terminal portuário.

Neste sentido a elaboração do planejamento da capacidade da operação de um armazém enfrenta muitas dificuldades como, por exemplo, quando há muitas alterações nos processos. Assim, o aumento da conscientização da importância de cada agente inserido na operação logística de armazenagem, juntamente com a

aplicação de métodos científicos, poderá reformular processos elaborados de forma experimental.

Operações não são dimensionadas corretamente quando se toma como referência somente métodos experimentais e conhecimentos empíricos, segundo Aranha e Martins (2009), ao contrário do racionalismo, o empirismo enfatiza o papel dos sentidos e da experiência sensível ao processo do conhecimento. Como consequência deste empirismo, se desconhece a real capacidade de operação instalada, a disponibilidade de mão de obra, e as melhores combinações de operações num dado dia, afetando o modo como as tomadas de decisões são realizadas neste cenário. Contudo, muitos sinistros são gerados no sistema de operação, como por exemplo, um número elevado de contêineres para estufar<sup>1</sup> em dois turnos, demandando hora extra de trabalho por parte dos colaboradores, incrementando o custo operacional do armazém (situações presenciadas pela autora deste trabalho em seu estágio curricular obrigatório).

É neste cenário que este trabalho pretende atuar, ao propor a elaboração do planejamento da capacidade de operação de um armazém geral retroportuário da empresa Aliança Transporte Multimodal - ATM, situada em Itapoá - SC.

## 1.2 OBJETIVOS

Neste tópico apresentam-se os objetivos gerais e os específicos que este trabalho pretende alcançar, servindo como base para a realização do trabalho.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Realizar o planejamento da capacidade do armazém retroportuário da empresa ATM, analisando possíveis alterações nos seus insumos, visando aumentar sua capacidade máxima efetiva.

---

<sup>1</sup>Estufar/Ovar: significa carregar o contêiner com mercadorias. (KEEDI; MENDONÇA, 1997).



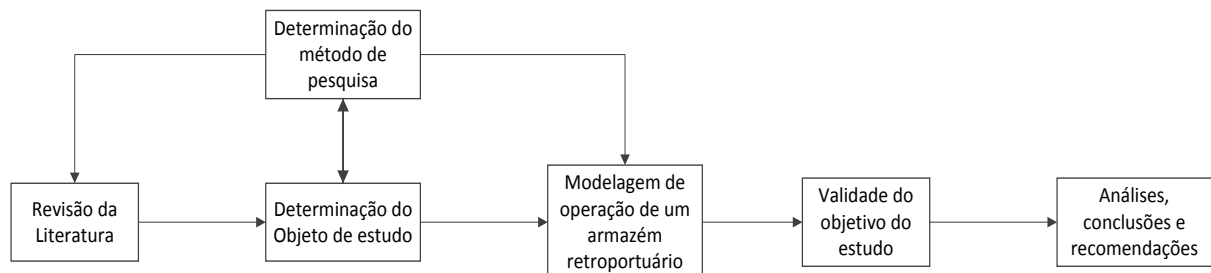
### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar sobre planejamento de operação no que se diz respeito à armazenagem no processo de exportação;
- Avaliar a capacidade potencial e real de operação do armazém da empresa;
- Desenvolver um modelo conceitual e computacional baseado em um método de simulação na técnica de simulação para o entendimento e análise do problema de armazenagem no processo de exportação;
- Analisar os resultados obtidos com o propósito de gerar recomendações às empresas envolvidas na armazenagem de cargas no processo de exportação.

### 1.3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado para a realização deste estudo assemelha-se ao procedimento adotado por Silva (2009). Iniciou-se pela revisão da literatura e determinação do objetivo de estudo. A partir disso, conclui-se que a abordagem mais adequada ao tratamento do problema em estudo seria a do experimento através de modelagem. Após definida a modelagem do problema e executada as simulações, o mesmo foi validado levando a algumas conclusões, como também limitações e recomendações para futuros estudos. Na Figura 2 são ilustradas as etapas de pesquisa.

Figura 2 - Fluxograma de etapas de pesquisa

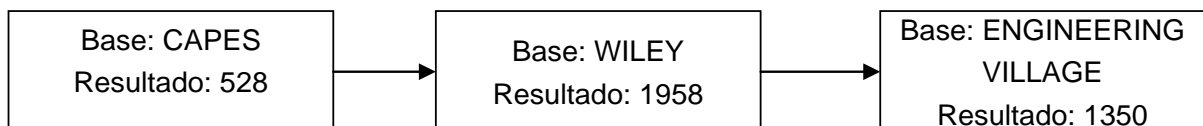


Fonte: Adaptado de Silva (2012)

Na etapa de Revisão da Literatura busca-se caracterizar o processo de exportação utilizando o transporte marítimo, juntamente com a atividade logística de armazenagem no intuito de definir os principais agentes envolvidos nestes processos, bem como suas características e atribuições de modo a auxiliá-la na elaboração do modelo de simulação.

Com uma simples pesquisa bibliográfica com o termo “*warehouse&simulation*” entre 2006 e 2016, pode-se perceber que existem diversos trabalhos, dentre artigos e publicações em jornais científicos relacionados com o tema do presente estudo.

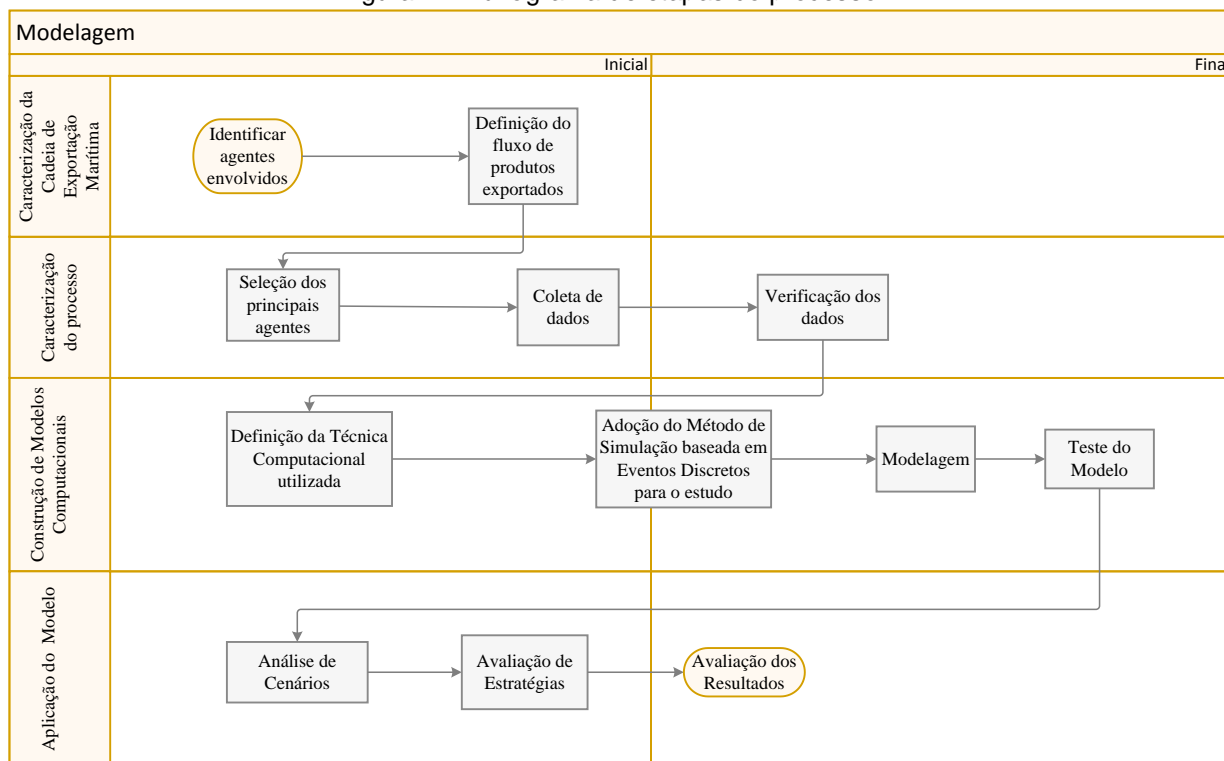
Figura 3 - Pesquisa bibliográfica



Fonte: Adaptado de Staudt (2015)

Concomitantemente, foram coletados dados referentes a uma semana de atividades realizada pela empresa Aliança Transporte Multimodal – ATM, em seu processo de exportação, definindo-se as variáveis a serem inseridas no modelo. Na sequência, partiu-se para a elaboração do modelo computacional. É válido comentar que no desenvolvimento da pesquisa a etapa de modelagem pode ser considerada a etapa mais morosa e com mais peso. É possível verificar, na Figura 4 as etapas realizadas no processo de modelagem do problema em estudo.

Figura 4 - Fluxograma de etapas do processo



Fonte: Adaptado de Silva (2012)

Estabeleceu-se que o método computacional a ser utilizado é o de simulação. Logo após são analisadas as potenciais abordagens a serem empregadas para a continuidade deste estudo através de uma pesquisa bibliográfica, definindo-se a modelagem de Eventos Discretos como a mais adequada. Sendo assim, optou-se pelo software Anylogic®, o qual atende as necessidades encontradas no estudo de simulação, bem como é considerado inovador graficamente e didaticamente para apresentação de resultados considerando os já aplicados nesta linha de pesquisa.

Nas últimas etapas são analisadas diferentes condições de operações nas variáveis envolvidas e avaliam-se as estratégias adotadas, o que leva ao fim, à avaliação do resultado, chegando ao encerramento da modelagem. Em função dos resultados obtidos nesta etapa, se for desejado gerar novos cenários de simulação, será necessário voltar às etapas iniciais para se modificar algum dos parâmetros de entrada, portanto assim novas avaliações poderão ser realizadas.

## 1.4 JUSTIFICATIVAS

Neste tópico, apresentam-se as justificativas para realização do trabalho, divididas nos âmbitos econômico, operacional e acadêmico.

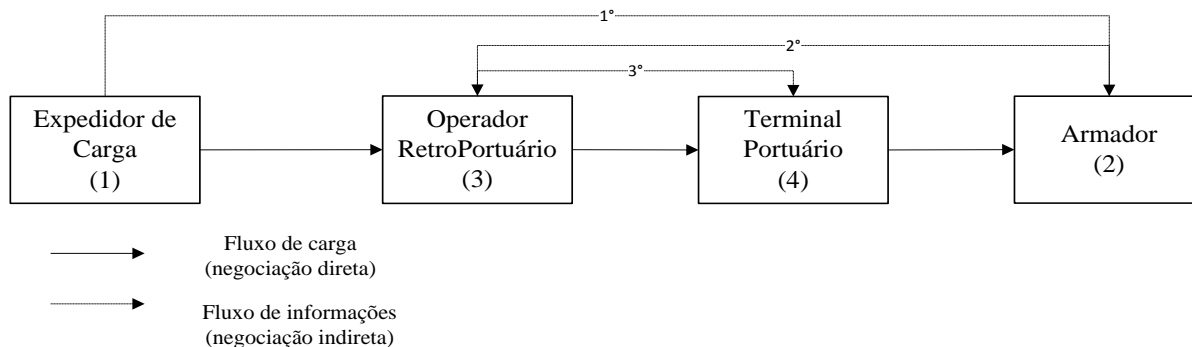
### 1.4.1 Justificativas econômicas e operacionais

Os motivos que justificam a presença de estoque em um canal de suprimento são inúmeros, mesmo assim, recentemente a manutenção de estoques vem sendo cada vez mais criticada, por ser considerada desnecessária e onerosa (BALLOU, 2006). Considerando que o estoque está diretamente associado ao nível de serviço de atendimento ao cliente, e se, por exemplo, um dos fatores considerados como a demanda crescer exponencialmente, por algum evento aleatório não considerado no estudo de demanda, a empresa encontrará dificuldades. Assim o estoque torna-se a solução mais viável para alguns tipos de cadeias logísticas.

No caso do processo de exportação de carga através do transporte marítimo utilizando o serviço da ATM, a negociação geralmente ocorre com o expedidor da carga (1) diretamente, ou com o armador (2) escolhido pelo mesmo. Assim quando a negociação for feita, o armador irá negociar com o cliente os prazos estipulados para a execução do processo de exportação, bem como informará o terminal portuário (4) em que atracará para realizar o carregamento da carga e seu *Booking*.

Na sequência, para cumprir esses prazos o expedidor da carga (1) deverá definir qual operador retroportuário (3) utilizará para disponibilizar sua carga sujeita à estufagem de contêineres para posterior envio ao terminal portuário (4) (local este, onde o armador atracará sua embarcação). Este fluxo de informação ocorrente na negociação executada na empresa pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma de negociações no processo de Exportação



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

O armazém do terminal retroportuário atende a diversos tipos de demandas inclusive a demanda gerada pelo processo de exportação cuja qual necessitará de um terminal portuário para efetuar o carregamento/descarregamento de cargas junto ao armado. Este armazém pode adotar dois tipos de estratégia de gerenciamento sendo elas: a *puxada* e *empurrada*. A *puxada* repõe estoques com tamanho de pedidos baseados nas necessidades específicas de cada armazém, ou seja, repõe as quantidades conforme cada armazém se declara apto a receber. Nenhuma atenção direta se presta ao efeito que as quantidades de reposição, com seus níveis e momentos particulares, terão sobre as economias da fábrica de origem. Contudo, esta estratégia exerce controle preciso sobre os níveis dos estoques em cada local.

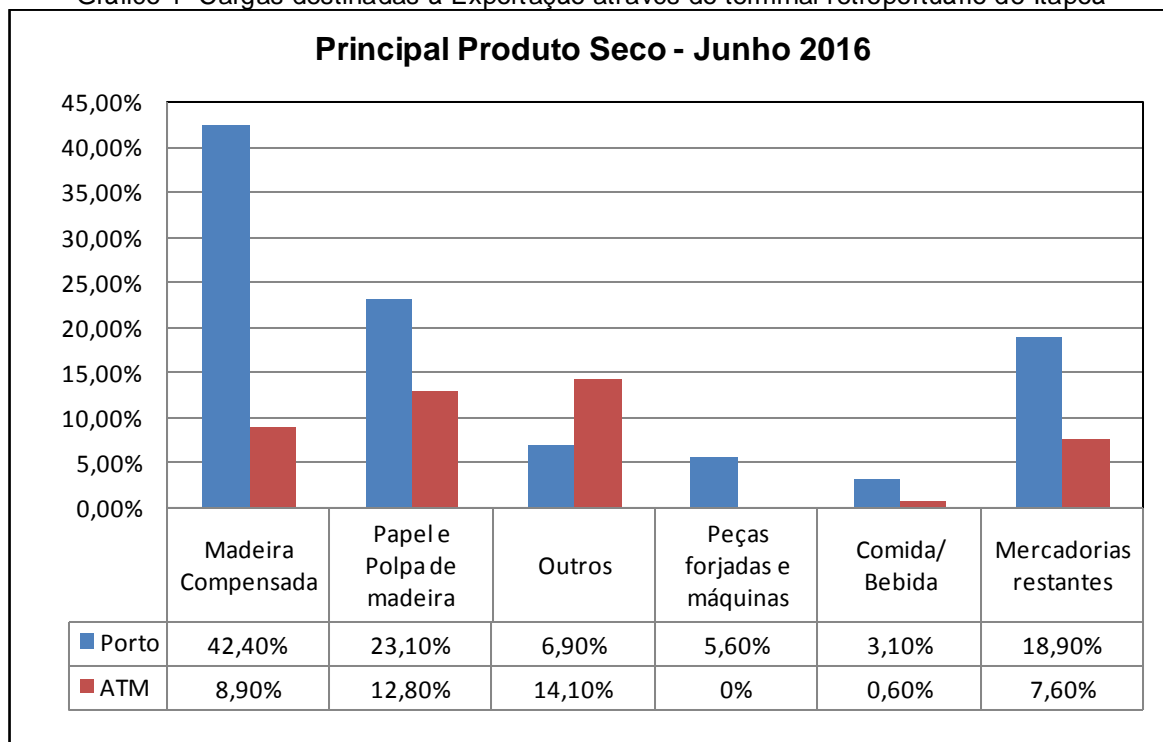
Há também a estratégia do tipo *empurrada* onde alocam-se suprimentos a cada armazém com base na previsão para cada um deles. Ou seja, as empresas optam por alocar quantidades de reposição a estoques baseados em projeções de necessidades em cada local da empresa, espaço disponível ou algum outro tipo de critério independente se o armazém se declara apto para receber mais quantidades (BALLOU, 2006).

Dependendo da estratégia adotada, o nível de serviço da operação do armazém pode decair, pois se sua demanda aumentar rapidamente a capacidade de armazenagem será alcançado na mesma proporção. Por exemplo, se o armazém for do tipo *puxado* irá causar um gargalo, estocando cada vez mais carga sem ter previsão de quando a mesma irá dar continuidade ao processo de exportação, tendo como consequência a ultrapassagem do nível de capacidade operacional estipulada para esta estrutura e recursos. Contudo nesta análise de demanda no caso de armazém retroportuário atraída pelo terminal portuário deve ser bem conhecida e

estimada para processos e estruturas serem e acordo com as necessidades requisitadas.

Segundo levantamento realizado pelo gerente comercial da empresa ATM no terminal retroportuário de Itapoá, os tipos de cargas mais atraídas no processo de exportação são do tipo de Madeira Compensada com 42,4%, Papel e Polpa de Madeira com 23,1% como consequência a demanda alvo é atraída para o terminal retroportuário Aliança Transporte Multimodal - ATM são relacionadas com este tipo de material. No Gráfico 1 a seguir há uma comparação do tipo de volume de carga atraído pelo Terminal Portuário de Itapoá e a percentagem que utiliza os serviços do terminal retroportuário da empresa.

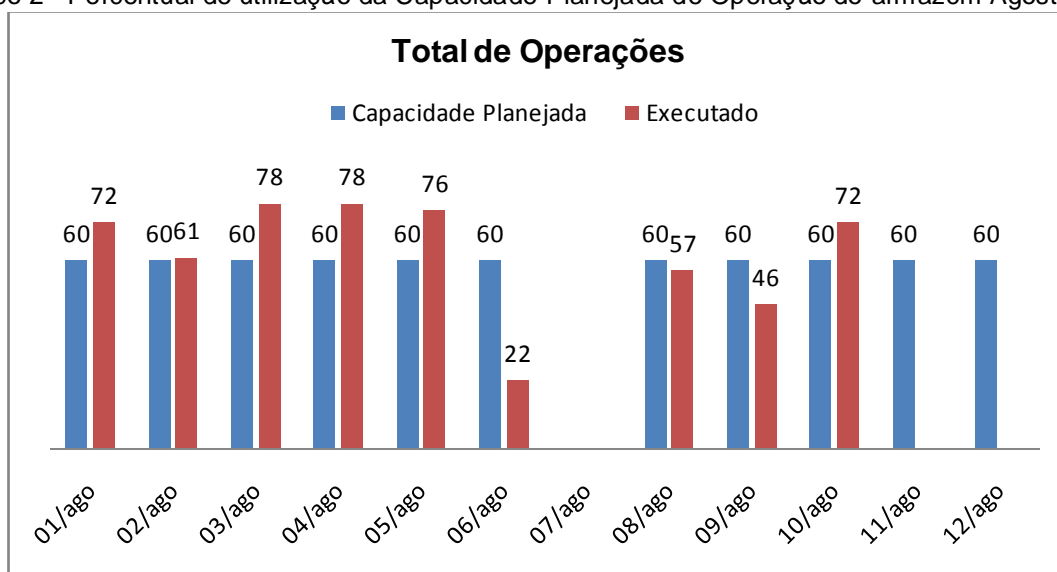
Gráfico 1—Cargas destinadas à Exportação através do terminal retroportuário de Itapoá



Fonte: ATM (2016)

Observa-se que a empresa não domina nenhum tipo mercado, mas obtém grandes fluxos das demandas atraídas pelo porto e mesmo assim opera em muitos períodos com capacidade operacional superestimada, conforme pode ser visualizado não percentual de utilização da capacidade de operação do armazém retroportuário da referida empresa.

Gráfico 2 - Percentual de utilização da Capacidade Planejada de Operação do armazém Agosto 2016



Fonte: ATM (2016)

Outra motivação para este estudo aponta para a grande necessidade de melhoria que pode ser implantada ao sistema de controle de armazenagem, com mudança de decisões em todos os níveis organizacionais. A cadeia de suprimentos onde o armazém retroportuário está inserido tem um grande potencial de crescimento, mesmo com o recesso enfrentado no país, pois segundo a Agência Nacional de Transporte Aquaviário – ANTAQ (2016), cargas do tipo containerizada aumentaram 9,04% (entre Janeiro e Dezembro de 2015) no processo de exportação em relação ao ano anterior, conforme ilustra a Figura 6:

Figura 6 - Índice de exportação 2015



Fonte: ANTAQ (2016)

O cenário nacional atual favorece o desenvolvimento de estudos, porque induz empresas a rever e analisar processos visando um maior controle das

operações, aumentando a eficiência e eficácia do sistema operacional de exportação para que quando este cenário mudar, novas estratégias e decisões possam ser colocadas em prática.

É válido comentar que em agosto de 2012 o Governo lançou o Programa de Investimento em Logística e em dezembro do mesmo ano o Programa foi ampliado com um conjunto de ações efetivas voltada ao setor portuário (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2012). O objetivo era expandir e modernizar a infra-estrutura dos portos brasileiros por meios de estratégias com o setor privado, promovendo uma maior ligação e sinergia entre as redes dos modais atuantes no Brasil. Planejou-se a aplicação de 31 bilhões em novos investimentos em arrendamento e em Terminais de Uso Privado (TUPs) até 2014/2015. Já em 2016/2017, estima-se aplicar R\$ 23,2 bilhões, prevendo-se também uma retomada do planejamento portuário, com a reorganização do setor e maior integração das modalidades de transporte.

Alguns leilões de terminais têm sido realizados e a expectativa é de serem leiloados mais 20 terminais, segundo o Governo e Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. “Portos que operem de forma mais eficiente e com custos mais baixos, e com maior volume de carga contribuirão para tornar as exportações brasileiras ainda mais competitivas. Mais exportação vai resultar em mais produção, mais emprego, mais investimento e mais crescimento” afirmou presidente da República (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2012).

Porém segundo o atual presidente do Senado Renan Calheiros (2016), “o Brasil será castigado se continuar insistindo na “imprevidência” de aplicar apenas 0,6% do Produto Interno Bruto (PIB) em transporte e logística”. Observou também que na média mundial de investimento na área é de 1,2% do PIB.

O futuro estímulo ao crescimento na área, proporcionada pelo Governo através de investimentos, faz com que seja possível afirmar que este tipo de estudo aqui proposto se mostre oportuno, pois se tem como pretensão aplicar um método de pesquisa operacional baseado em simulação no estudo de em um armazém retroportuário, para avaliar através de cenários pré-definidos a utilização dos recursos disponíveis, visando conseguir um aumento significativo na capacidade de operações de armazém, além de se determinar com mais precisão, sua capacidade com ou sem a reorganização dos insumos.



### 1.4.2 Justificativas acadêmicas

Este estudo contribui com o meio acadêmico ao apresentar um problema presente no ramo empresarial, o planejamento da capacidade de operação de um armazém geral retro-portuário, cujo o qual muitas vezes é pouco analisado tão precisamente. No levantamento bibliográfico realizado, foram identificados alguns trabalhos como dissertações, porém estes têm o enfoque mais estratégico ao analisar de maneira global as operações de um terminal portuário. Portanto, a elaboração deste trabalho de conclusão de curso justifica-se também como uma contribuição ao estudo e divulgação de uma problemática real, abordada de maneira científica empregando os conceitos teóricos e práticos obtidos durante o curso de Engenharia de Transportes e Logística. Outra contribuição envolve a proposta de um modelo que simule diferentes cenários, que são condições operacionais, para as variáveis do problema, permitindo gerar conclusões sobre as tomadas de decisões no armazém retroportuário levando em consideração os insumos disponíveis. Envolvendo assim acadêmicos em conclusões úteis a problemas reais de forma prática.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo, o presente, apresenta de forma breve o tema, apresentando o comportamento da movimentação de contêineres no Brasil entre 2010 e 2016. Expõe também o grande potencial do presente estudo, já que o investimento do governo Federal neste setor é considerável. Em seguida apresenta os objetivos geral e específicos do estudo, bem como justificativas e estrutura do mesmo.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica no que diz respeito a armazenagem focado na aplicação no processo de exportação dentro de um armazém retroportuário. Incluindo também o conceito de simulação de eventos discretos, como seus agentes e fases de elaboração e execução.

No capítulo 3 expõem uma descrição do terminal retroportuário da empresa Aliança Transporte Multimodal – ATM, situado em Itapoá, Santa Catarina sua infraestrutura e recursos. Bem como a análise estatística do modo de chegada no sistema de operação para a realização da simulação.

No capítulo 4 é apresentado o modelo de simulação elaborado e avaliam-se os resultados dos cenários pré-definidos.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões de melhorias para futuros trabalhos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo aborda-se a importância do setor retroportuário, atividades envolvidas na logística portuária e operação logística de armazenagem, entre outras. Tais abordagens contextualizam a problemática apresentada anteriormente, além de reconhecerem a importância do estudo.

### 2.1 OPERAÇÕES RETROPORTUÁRIAS

Segundo Rodrigues (2003) conforme os blocos econômicos vão de alguma maneira se consolidando, cada vez mais adota-se o conceito de globalização da economia. Com isso, inúmeros fatores influenciam os fluxos e tipos de mercadorias, compondo o custo final das operações. Este deve ser necessariamente racionalizado para a obtenção de preços competitivos no disputado mercado global. Uma das modalidades de compra e vendas, que podem ser adotadas, é reconhecida internacionalmente como Termos Internacionais de Comércio – Incoterms<sup>2</sup> que são essenciais, pois sua escolha determinará (entre exportador e importador) a quem caberá as responsabilidades sobre as despesas de frete, seguros, manuseios, desembaraço aduaneiro, entre outras etapas. Através da colocação de pedidos de fornecimento parcelado no longo prazo, é possível viabilizar programações regulares juntos a todos os intervenientes no processo (tais como transportadores, armazenadores, despachantes entre outros).

Em relação aos negócios internacionais, observa-se a interdependência entre diferentes cadeias de suprimento, onde as partes envolvidas buscam fornecimentos regulares e frequentes, tornando-se fundamental a viabilização de reduções nos preços unitários dos produtos, seja por meio de ganhos em escala, seja por meio de queda dos custos financeiros nas operações. Contudo, a incessante busca pela

---

<sup>2</sup>Incoterms: compreende os chamados *International commercial terms*, ou condições comerciais internacionais, como condições contratuais padrão do comércio internacional em contratos de compra e venda (GLITZ, 2013).

redução de custos passou a ser parâmetro para a obtenção de competitividade em um cenário de comércio internacional cada vez mais intenso.

As operações logísticas vêm adquirindo grande importância, não apenas como amortecedor para equilibrar produção de demanda, mas, sobretudo para garantir a continuidade da cadeia de suprimentos, agregando valor na oferta de serviços diferenciados aos clientes, como serviços dedicados, eliminação de avarias, registros confiáveis, acesso “on-line”, rastreamento via satélite, roteirização e outros serviços advindos do desenvolvimento tecnológico (BALLOU, 2006).

Porém, a redução de custos pode ser minimizada adotando a terceirização como resultado da otimização das funções de aquisição, transporte, armazenagem, gerenciamento de estoques, distribuição física e informação eletrônica, de forma a tentar eliminar todas as ociosidades existentes. Adotando esta política de terceirização, outro aspecto bem importante é o acompanhamento sobre os terceirizados, com objetivo de manter controle de qualidade sobre o processo.

Com o advento da containerização, todo contingente de profissionais que lidam com cargas toma como prioridade otimizar cada vez mais as operações de armazenagem, manuseio e transporte de contêineres, relegando à carga geral um papel secundário; na maioria das vezes esquecendo os elementos essenciais e lógicos como as mercadorias diversificadas, compostas por volumes heterogêneos em forma, dimensões, peso e embalagem, mesmo quando destinadas à containerização, que sempre devem ser movimentadas e armazenadas antes de serem colocadas dentro do contêiner. Com isso, a carga geral tem seu valor dentro da cadeia logística e deve ser levada em consideração nos processos logísticos.

Na pretensão de realizar a gestão das operações de armazenagem de forma profissional e eficiente, o ponto de partida consiste em compreender os requisitos, procedimento e necessidade do cliente: como são seus processos industriais, qual tipo de armazenagem o produto requer, e em quais circunstâncias essa operação se entrelaça com os demais elementos da cadeia de transportes, dos insumos do armazém escolhido e da distribuição física.

Assim, é fundamental que haja um entendimento do importante papel desempenhando pelos terminais de cargas retroportuárias, ao longo de toda a cadeia produtiva, não somente como portas de entrada e saída, mas também como centro de armazenagem, consolidação e distribuição de produtos. Portanto, é de

extrema relevância a melhoria constante na eficiência de suas operações de modo a incrementar o uso de sua capacidade.

## 2.2 ARMAZENAGEM

### 2.2.1 Princípios básicos da armazenagem

Segundo Ballou (2006) a estocagem e o manuseio de produtos ocorrem primariamente nos pontos nodais na rede da cadeia de suprimentos, contrastando com o transporte. Já foi interpretada também como “o transporte a zero quilômetro por hora”. Teoricamente, se a demanda de produtos de cada empresa fosse conhecida com exatidão e os produtos pudessem ser fornecidos instantaneamente para suprir as necessidades de estocagem não haveria esta necessidade. No entanto na prática não é viável para uma empresa operar dessa maneira, pois a demanda não pode ser prevista com exatidão. Tentando aproximar a uma coordenação perfeita entre oferta e demanda, a produção teria que ser instantaneamente reativa e o transporte totalmente confiável com tempo zero de entrega. Sendo este cenário disponível com um custo razoavelmente considerável. Por este motivo, as empresas utilizam o estoque para melhorar a coordenação entre oferta e demanda com objetivo de reduzir seus custos totais. Inferindo-se que a manutenção de estoques produz a necessidade da estocagem e igualmente a necessidade de manuseio dos materiais.

Custos relacionados à estocagem e o manuseio de materiais são justificados porque podem ser compensados pelos custos de transporte e de compras-produção. Ou seja, mediante ao dimensionamento de lotes a empresa consegue muitas vezes reduzir seus custos de produção. Com isso evitando as amplas flutuações nos níveis de produção resultantes das incertezas e variações nos padrões de demanda. Além disso, grandes volumes de materiais resultantes de estoques acumulados podem se traduzir em redução de custos de transporte pela movimentação de quantidades maiores, mais econômicas. Tendo como objetivo utilizar o espaço certo de

estocagem para que se possa encontrar um equilíbrio eficiente e econômico entre os custos de armazenagem, produção e transporte.

Segundo Rodrigues (2003), a explicação de armazenagem depende muito de qual ponto de vista irá se responder. Sob a ótica de prestação de serviços logísticos de armazenagem, trata-se de gerenciar eficazmente o espaço tridimensional de um local adequado e seguro, colocado à disposição para a guarda de mercadorias, que serão movimentadas rápida e facilmente, com técnicas compatíveis às suas características, de forma a preservar a sua integridade física e entregando-a no destino dentro do prazo planejado.

As mais eficazes técnicas da gestão de estoques sinalizam para grandes reduções nos níveis de estoque, considerando que estes absorvem capitais e alteram a rentabilidade de empresas. Quando os itens são muito diversificados, é de grande complexidade ou impossível aplicação das técnicas da gestão para todos os itens. Neste caso incrementa-se a rotatividade, liberando recursos e economizando no custo de manutenção de estoques.

Para maximizar a utilização do espaço e garantir um rápido fluxo de escoamento das cargas, o prestador de serviço de armazém necessita formular políticas e utilizar-se de métodos modernos e eficazes. Dentro destas políticas é imprescindível levar em conta a natureza predominante das mercadorias a serem armazenadas, pois para cada uma haverá um modo de armazenagem, podendo inclusive orientar a alocação de mercadorias em áreas de armazenagem completamente diferente.

### **2.2.2 Razões de armazenagem**

Segundo Ballou (2006) existem quatro razões básicas para que se use espaço de estocagem: reduzir os custos de transporte e produção, coordenar oferta e demanda, assessorar no processo de produção e colaborar no processo de comercialização.

Redução dos custos de transporte e produção diz respeito à armazenagem e estoque juntos, são despesas adicionadas, mas podem ser compensadas pelos custos menores obtidos a partir do aumento da eficiência no transporte e produção.

A razão de coordenação de oferta e demanda tomando como exemplo, empresas que trabalham com produção altamente sazonal, e com uma demanda razoavelmente constante, têm problemas para coordenar a oferta e demanda. Já por outro lado, as empresas que precisam suprir um produto ou serviço com demanda sazonal ou incerta normalmente produzem um nível constante durante o ano a fim de minimizar os custos de produção e acumular os estoques necessários para suprir a demanda, durante uma temporada relativamente curta de vendas. Quando se torna caro coordenar oferta de demanda surge à necessidade de armazenagem. Outra causa de necessidade de armazenagem se considera os preços de *commodities*. Materiais e produtos que sofrem grandes flutuações em seus preços em períodos conhecidos ou aleatórios podem incentivar empresas a realizar compras antecipadas dessas *commodities* para garantir seu suprimento e também obter menores preços. Com esta compra antecipada a armazenagem se torna normalmente necessária e seus custos podem ser compensados pelos preços mais baixos obtidos.

Necessidade de produção é outra razão de armazenagem, podendo fazer parte do processo de produção. Armazéns em casos de produtos que necessitam de estocagem para envelhecimento servem não apenas para guardar o produto durante esta etapa de produção, mas neste caso, sujeito a cobranças de impostos, também para proteger ou “blindar” o item até a época de venda. Podendo as empresas adiar o pagamento de impostos sobre este produto até que eles sejam vendidos. A razão relacionada a considerações de mercado está sempre se preocupando, na área de marketing, com quanto tempo o produto levará para chegar ao mercado e com visibilidade no ambiente. Armazenando um produto perto do cliente o tempo de entrega reduz e com maior disponibilidade, sendo a entrega mais rápida o fator de peso no aumento de vendas (BALLOU, 2006).

Segundo Rodrigues (2003) e baseando-se no *Material Handling Institute* (EUA), bem como em estudos e adaptações feitas pelo instituto Gerenciamento da Logística e Cadeia de Suprimentos (IMAM), estabeleceu-se alguns princípios básicos da operação logística de armazenagem, que podem ser visualizados de forma resumida no Quadro 1.

Quadro 1 - Princípios básicos de operações logísticas de um armazém

Planejamento	Avaliação prévia da área de armazenagem antes de aceitar a contratação de um determinado lote a armazenar, verificando condições físicas e técnicas.
Flexibilidade Operacional	Adaptabilidade das praças, corredores, portas e equipamentos disponíveis em uma área de armazenagem de forma a receber com facilidade, simultânea ou sucessiva, produtos com diferentes características de manuseio.
Simplificação do Fluxo	Adaptação e/ou implantação do arranjo físico, com objetivo de simplificar ao máximo os fluxos de entrada e saída, de forma a obter maior produtividade possível, sem gargalos.
Integração	Integração do maior número de atividades possíveis simultaneamente, coordenando todas as operações.
Otimização do espaço físico	Possibilitando a fácil movimentação da maior quantidade possível de mercadorias em uma única área de armazenagem.
Otimização de equipamentos e mão de obra	Análise, desenvolvimento, padronização, sistematização e implantação de procedimentos direcionados ao dimensionamento e à racionalização dos equipamentos de movimentação e equipes.
Verticalização	Aproveitar os espaços verticais da melhor maneira possível
Mecanização	Avaliação da necessidade e relação custo-benefício da mecanização dos procedimentos de movimentação de mercadorias
Automação	Avaliação quanto a necessidade e relação custo-benefício de automatizar o gerenciamento da armazenagem, sistema de controle e demais sistemas administrativos.
Controle	Planejamento, implantação e acompanhamento metódico de um adequado sistema de registros dos recebimentos, tempo de permanência da armazenagem, entrega e controle do inventário físico de mercadorias, possibilitando a sua identificação e retirada imediata.
Segurança	Dotar à área de armazenagem de sistemas que garantam a integridade física das mercadorias armazenadas, financeira da empresa, segurança das instalações e equipamentos, e a saúde financeira da empresa, mantendo equipes de trabalhos devidamente treinadas para eventuais emergências.
Preço	Compatibilidade de preços calculados a partir da estrutura de custos resultante do planejamento empresarial como praticado pelas empresas congêneres do mercado.

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

Estes princípios expostos são essenciais para uma aceitação da empresa operadora logística no mercado de negócios. No caso deste estudo um armazém retroportuário necessita ter estes princípios bem claros e executados em toda parte do processo. Por exemplo, se um cliente contrata o serviço de armazenagem e estufagem da ATM, haverá um planejamento para a descarga deste material no terminal através de um agendamento solicitado juntamente a empresa. O material



chega pelo modo rodoviário que pode sofrer qualquer aleatoriedade no deslocamento até o terminal e atrasar sua descarga, necessitando uma flexibilidade operacional dentro deste agendamento pré-definido. Quando finalmente a descarga é utilizada, um conferente responsável por este processo fará o controle do material manuseado, em paralelo terá que ser planejado onde esta carga será depositada no armazém para gerar uma simplificação do fluxo e otimização no espaço físico, como também integração da operação deste cliente com os demais solicitantes de operação no mesmo armazém. Claramente no momento da contratação deste serviço a segurança é essencial tanto da carga como pessoas envolvidas no processo.

No momento do planejamento após analisar as especificações do material que será operado haverá um tipo de armazém adequado, podendo orientar o emprego de áreas de armazenagem completamente diferente entre si. No Quadro 2 a seguir são apresentados os tipos existentes.

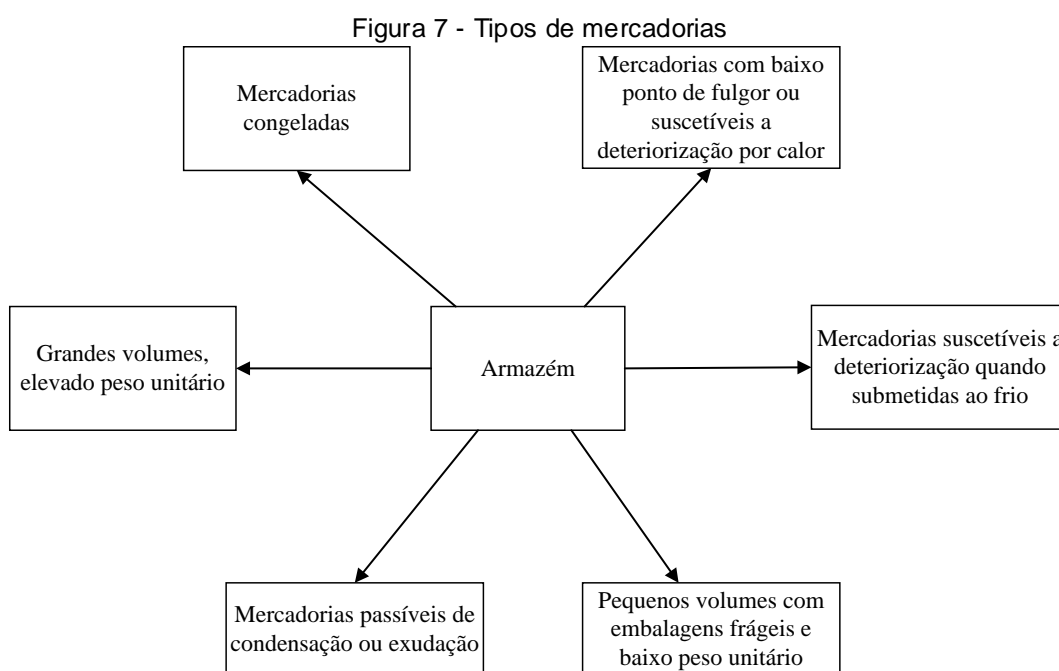
Quadro 2 - Tipos de Armazém

Almoxarifados	Depósitos próprios ligados à movimentação interna de uma empresa destinada à guarda e controle de diferentes insumos consumidos durante o processo de transformação.
Depósitos (Armazéns)	Áreas próprias, públicas ou contratadas a terceiros, alfandegados ou não, destinadas à estocagem, guardam proteção e controle de materiais acabados, destinado a consumo ou transformação futura, ou ainda para possibilitar a consolidação de lotes a serem despachados, por períodos mais ou menos longos de tempo.
Centro de distribuição	À medida que a quantidade de linhas de produtos consumidos aumenta, a lógica determina a evolução da expedição das fábricas para o que se denomina Centro de Distribuição, separando as atividades de armazenagem de produtos acabados das atividades de expedição e transporte para entrega ao cliente.
Armazém	Construção de madeira, metal, alvenaria ou concreto armado, coberta com telhas francesas fechada de todos os lados, dispondo de portas para permitir o acesso de pessoas às mercadorias, podendo apresentar distintas características de construção conforme diferentes finalidades que se destinam.
Galpão	Construção rudimentar coberta, geralmente localizada entre armazéns, destinada a serviços de apoio do armazém, servir como pulmão em momentos de congestionamento ou ainda, para guarda de ferramentas.
Pátio	Área pavimentada descoberta, com zonas de empilhamento de movimentação horizontal e de transporte.
Silo	Construção de metal, aço ou concreto armado, disposta horizontal ou verticalmente, destinada a armazenar cereais, fertilizantes ou rações animais.

Tanque	Construção de metal aço, dotada de sistemas de segurança máxima para aquecimento e resfriamento, bombeamento e sucção, dutos, balanças de fluxo contínuo destinado a armazenar grânéis líquidos com diferentes características físico-químicas.
Inflamáveis	Destinam-se a suprir um acréscimo repentino temporário na demanda de áreas de armazenagem em situações de falta de espaço.

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

Dentro da categoria de Armazém podem-se apresentar distintas características de construção conforme as diferentes finalidades a que destinam.



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

Sabendo destes tipos existentes tanto o cliente e quanto o terminal retroportuário terão noção das especificações necessárias e restrições tanto para carga quanto para terminal executar algum tipo de material. Se a carga for manipulada erroneamente na infra-estrutura de um terminal em desacordo às especificações necessárias poderá ocorrer até aplicação de multas pelos órgãos responsáveis.

Todos os tipos de operações relacionadas ao armazém que o terminal retroportuário se dispor a realizar, conseqüentemente estes princípios básicos serão levados em consideração pelos seus potenciais clientes para assim medir a

eficiência, eficácia, bem como o comprometimento das operações realizadas pelo mesmo.

### **2.2.3 Finalidade da armazenagem**

Segundo Rodrigues (2003), instalações de armazenagem denomina-se ao complexo de espaços, em áreas cobertas e descobertas, destinados a receber, armazenar e proteger adequadamente mercadorias soltas ou embaladas, de diferentes tipos, características e naturezas, oferecendo total segurança de manuseio às pessoas e equipamentos de movimentação.

Os serviços de armazenagem necessitam utilizar métodos eficazes, em consonância com as modernas tendências do mercado para maximizar o espaço e garantir rápido escoamento das cargas, tornando-se mais competitivo no seu ramo.

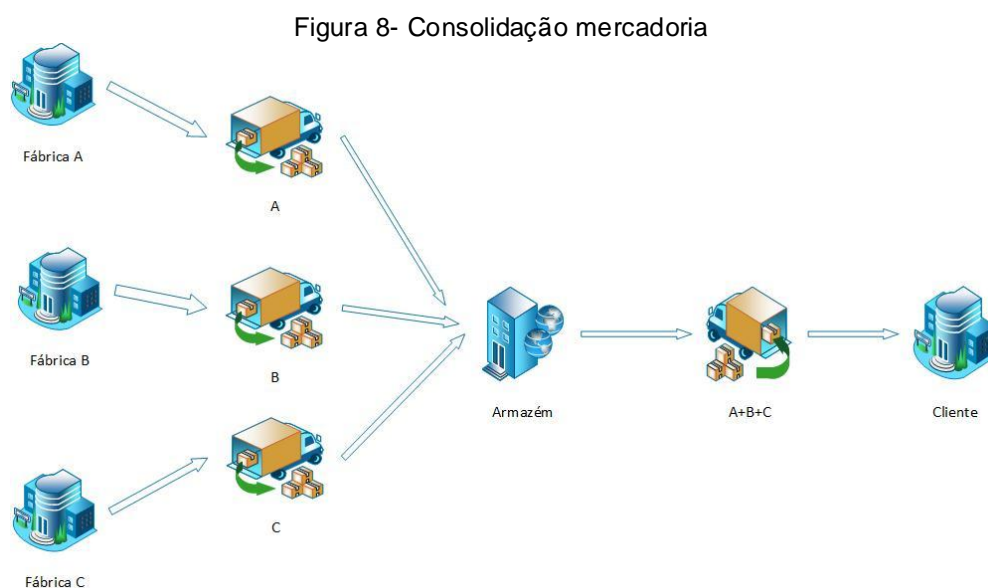
O sistema de estocagem pode ser dividido em duas funções principais: guarda dos produtos (estocagem) e manuseio de materiais. O manuseio de materiais engloba as atividades de carga e descarga, movimentação dos produtos para e de vários locais no interior do armazém e separação de pedidos. A estocagem nada mais é que a acumulação de produtos que ocorre com o passar do tempo, dependendo do objetivo da estocagem. No interior do armazém ocorrem às atividades de movimentar e armazenar que são repetitivas e análogas às atividades de movimentação e armazenagem ao longo de toda a cadeia de suprimentos em vários níveis. Assim, o sistema de estocagem é um sistema de distribuição em nível micro. A identificação específica das atividades do sistema maior promove o entendimento macro do sistema e ajuda a proporcionar base para geração de alternativas e decisões de projetos (BALLOU, 2006).

As instalações de estocagem são projetadas a partir de quatro funções primários sendo manutenção, consolidação, fracionamento e combinação de estoques. O projeto e *lay-out* do armazém ditam muitas vezes a preferência de uma ou mais dessas necessidades.

A mais lógica das finalidades das instalações de estocagem é proporcionar proteção e manutenção ordenadas do estoque. O que determina a configuração e o *lay-out* das instalações é a extensão de tempo para a manutenção dos bens e as

especificações da estocagem. As estocagens variam desde as de longo prazo, especializada (para envelhecimento), até a estocagem de mercadorias de uso comum (manutenção sazonal de bens) e a manutenção temporária de produtos (como ocorre em terminal de carga rodoviária). No último caso os produtos são mantidos apenas durante o tempo necessário á acumulação de quantidades eficientes. Diversos produtos tais como produtos acabados prontos para o mercado, produtos semi-acabados esperando a sua montagem ou processamento adicional e matérias primas são armazenados nestes diversos modais.

Na consolidação as estruturas das tarifas de transporte, têm influência na utilização das instalações de armazenagem. Nos casos de produtos originários de várias fontes, pode ser mais econômico estabelecer um ponto de coleta (armazém ou terminal de cargas) para consolidar as cargas pequenas em cargas maiores e assim reduzir os custos totais do transporte, como pode notar um exemplo na Figura 8 a seguir.



Fonte: Adaptado de Ballou (2006)

O termo armazém de distribuição<sup>3</sup> é utilizado principalmente para fazer contraste com um depósito. A principal diferença é questão de ênfase da importância das atividades de manutenção de estoques e do prazo de estocagem dos produtos. Depósito implica que boa parte do espaço de armazenagem é

<sup>3</sup>Armazém de distribuição é usado como sinônimo de armazém de campo e centro de distribuição (BALLOU, 2006).

reservada para estocagem semi-permanente ou de longo prazo. Em contraste, armazém de distribuição tem como maior parte do seu espaço alocado a estocagem temporária, priorizando agilidade do fluxo dos produtos.

Há também armazéns que trabalham exclusivamente no recebimento e embarque, eliminando atividades de estocagem e separação de pedidos. Sendo definidos como armazéns em trânsito (*crossdocking*), ou pontos de concentração (*pool points*). As mercadorias são transferidas diretamente das docas de chegada para as de embarque, sendo estocagem mínima ou nula.

A função de fracionamento de volumes é justamente o contrário do processo de consolidação, pois se usa as instalações de armazenamento para fracionar volumes (ou para seu transbordo). Em casos de grandes volumes com custo de transporte reduzido, trata-se de removê-los em quantidades menores. Comumente aplicado em armazéns de distribuição ou em terminais, especialmente quando as tarifas de transporte de entrada por unidade são menores que as tarifas de saída por unidade, os clientes fazem seus pedidos em quantidades menores do que carga completa, e são grandes as distâncias entre o fabricante e os clientes.

Empresas que realizam a compra dos seus insumos de produção estrategicamente em diferentes fabricantes tendem a adotar o estabelecimento de um armazém no ponto de combinação de produtos proporcionando economia em transporte. Sem um ponto de combinação, os pedidos dos clientes teriam de ser despachados diretamente a partir de pontos de produção com altos custos de transporte para volumes pequenos. Um ponto de combinação permite remessas de maior volume dos componentes da linha de produtos sejam coletadas em um único ponto e então montadas de acordo com os pedidos e despachadas para os clientes (BALLOU, 2006).

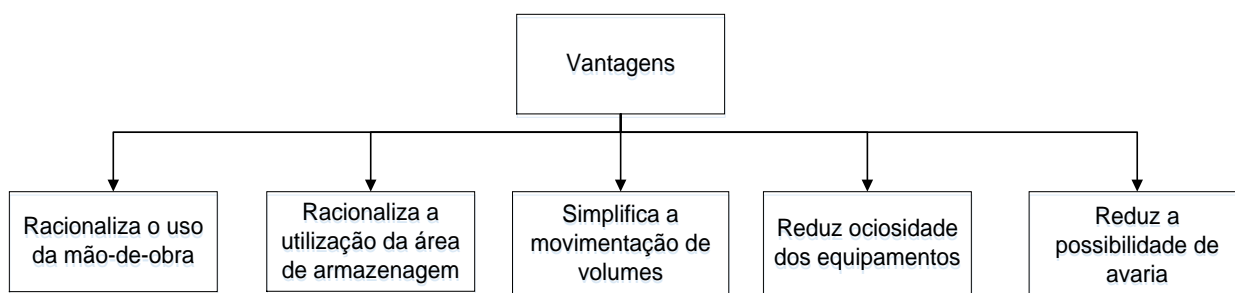
#### **2.2.4 Gerenciamento da Armazenagem**

Tecnicamente, para gerenciar um armazém, é imprescindível ter clareza e entendimento de todos os detalhes que o caracterizam, de forma a possibilitar uma rápida tomada de decisão quanto ao processo.

Apenas o conhecimento das dimensões da área, condições de piso e arranjo físico, além de posse de uma planta administrativa, são informações muito limitadas totalmente ineficazes para o gerenciamento das atividades ocorrentes em um armazém. De posse das medidas internas e pé-direito (altura) do armazém sabe-se somente a área interna total e a capacidade volumétrica teórica do armazém. Na planta obtêm-se informações constantes da planta-baixa do prédio onde se identificam escritórios, instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, pontos de iluminação e respectivas capacidades (RODRIGUES, 2003).

O *lay-out* operacional denomina-se o arranjo físico de uma área de armazenagem, levando em conta a separação das pilhas, acessibilidade dos volumes e fluxos de tráfego de equipamentos. Um *lay-out* bem dimensionado combinado com fluxos previamente planejados apresenta algumas vantagens conforme ilustra na Figura 9.

Figura 9 - Vantagens do *lay-out* operacional



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

Para definir o *lay-out* de um armazém deve-se levar em conta, quantidade, medidas e localização de docas (locais destinados ao embarque e desembarque de caminhões), disposição e largura das ruas (corredores internos no sentido longitudinal do armazém) e travessas (corredores internos no sentido transversal do armazém), características da praça (total de áreas do armazém efetivamente destinadas ao empilhamento de mercadorias), como também das coxias (cada uma das zonas de empilhamento na praça, após descontar corredores e outros espaços não disponíveis). Localização e capacidade volumétrica das áreas reservadas à guarda segura de mercadorias com alto valor agregado, características de áreas destinadas à segregação de mercadorias perigosas (Classificação IMO de 1 a 9) e

características das áreas destinadas à ova e desova de contêineres (RODRIGUES, 2003).

Os fluxos são os sentidos e as rotas percorridas pelos equipamentos na movimentação das mercadorias pela área de armazenagem. Estes movimentos não devem ocorrer aleatoriamente e sim serem planejados antes de executados, levando em conta fatores relativos ao processo em si, características estruturais da área e ao local onde se encontram.

Processo, construção e local estão diretamente relacionados. Por exemplo: se no tempo de movimentação, as características da construção e local não forem bem estimadas a realização do processo será negativamente afetado gerando assim um atraso na operação. Ver a Quadro 3 para maior entendimento:

Quadro 3 - Fatores consideráveis na definição de fluxos

<b>Processo</b>	<b>Construção</b>	<b>Local</b>
Sequência operacional	Dimensão e formato	Topografia do terreno
Tempo de movimentação	Tipo, quantidade de pisos e localização de portas.	Localização dentro do terreno
Requisitos das atividades	Localização de colunas	Portões de acesso ao tráfego externo
Quantidade e tipos de equipamentos	Pé-direito e definição da largura dos corredores	Facilidade do acesso pelas vias públicas

Fonte: Rodrigues (2003)

Segundo Ballou (1993), a operação de manuseio eficiente de mercadorias embaladas no depósito é muito dependente do próprio projeto do armazém. Simples variações e ajustes na configuração, arranjo físico ou arranjo das docas de descarga podem resultar em ganhos e economias substanciais nos custos de manuseio. No entanto deve ser considerado no planejamento da movimentação de materiais o projeto da área de armazenagem. Algumas empresas por motivos de expansões acabam obtendo depósitos com configuração bem distante do ideal. Afetando o desempenho da operação por aumentar os tempos de movimentação interna no armazém, mas para compensar a má configuração o uso de transportadores e cabos de reboque pode ser aplicado se viável for.

Nos Estados Unidos, onde a terra é relativamente barata os armazéns modernos são projetados basicamente como estruturas de um só piso com altura efetiva de empilhamento entre 16 e 20 pés. Quando os terrenos são escassos e caros, como no caso do Japão, ou quando é

aplicada a utilização de mecanização avançada para superar as desvantagens de maiores alturas de empilhamento, o teto pode estar na altura de 60 a 100 pés (BALLOU, 1993, p. 182).

Conforme a demanda de clientes o armazém normalmente manipula milhares de itens que devem ser estocados, coletados e montados conforme os pedidos dos clientes. Alguns podem permanecer guardados por longos períodos, outros podem ter rotatividade tão elevada que praticamente vão direto das descargas para as docas de carregamentos. Os itens podem apresentar das mais variadas necessidades, requisitos e critérios, tornando bastante desafiador tal dinâmica de operações.

Um ordenamento que se aplica, chamado a Curva de Pareto ou Curva ABC (RODRIGUES, 2003), organiza os itens do estoque conforme sua importância relativa. É considerado o valor unitário de cada item por demanda (consumo) em um espaço de tempo predeterminado (geralmente um ano), obtendo-se um valor mensurável em termos de percentuais sobre o total das despesas com estoque. Resumidamente tem-se a Tabela 2.

Tabela 2 - Curva ABC

Classe	Nº de itens	Valor (\$)
A	15%	70%
B	30%	20%
C	55%	10%

Fonte: Rodrigues (2003)

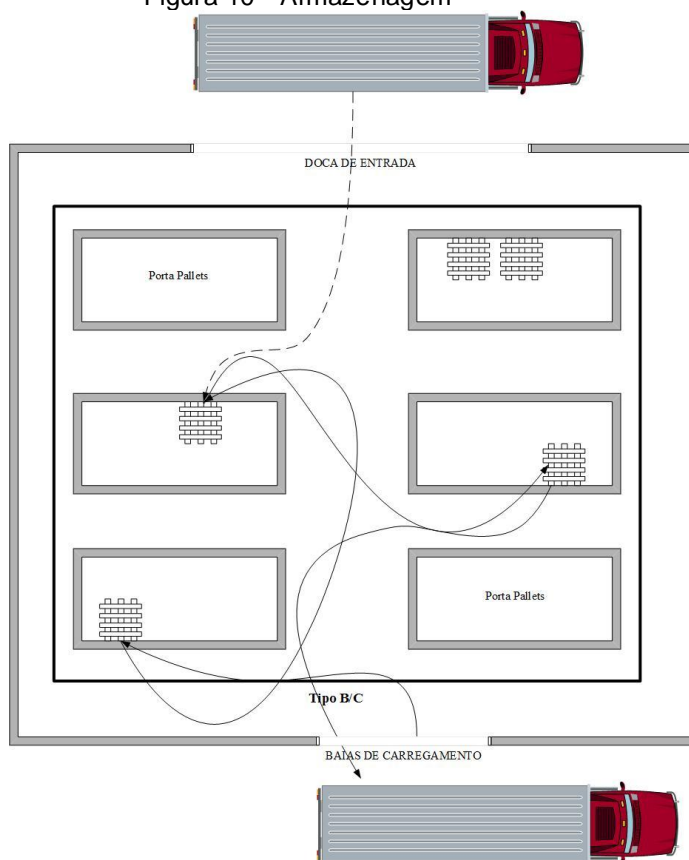
Leia-se que na classe A há uma pequena quantidade armazenada, devido ao seu alto giro, de item com alto valor agregado, na classe C tem-se maior volume de itens com menos valor agregado. Já a classe B, a classe intermediária. Conforme o valor agregado diferenciam-se os tratamentos administrativos e procedimentos com maior atenção personalizada. Segundo Ballou (2006), não existe uma maneira exata pelo qual agrupar os itens em qualquer dessas categorias, ou mesmo de determinar o número de categorias a serem elaboradas. Entretanto, classificar os itens pelo nível de vendas e então dividi-los em umas poucas categorias já é um começo.



Uma prática comum é dividir o depósito em seções. Parece viável que determinadas regiões do armazém sejam especificadas no atendimento a determinados produtos. O projeto do espaço dependeria da rotação desses estoques e do custo de manipulá-los em todo o depósito.

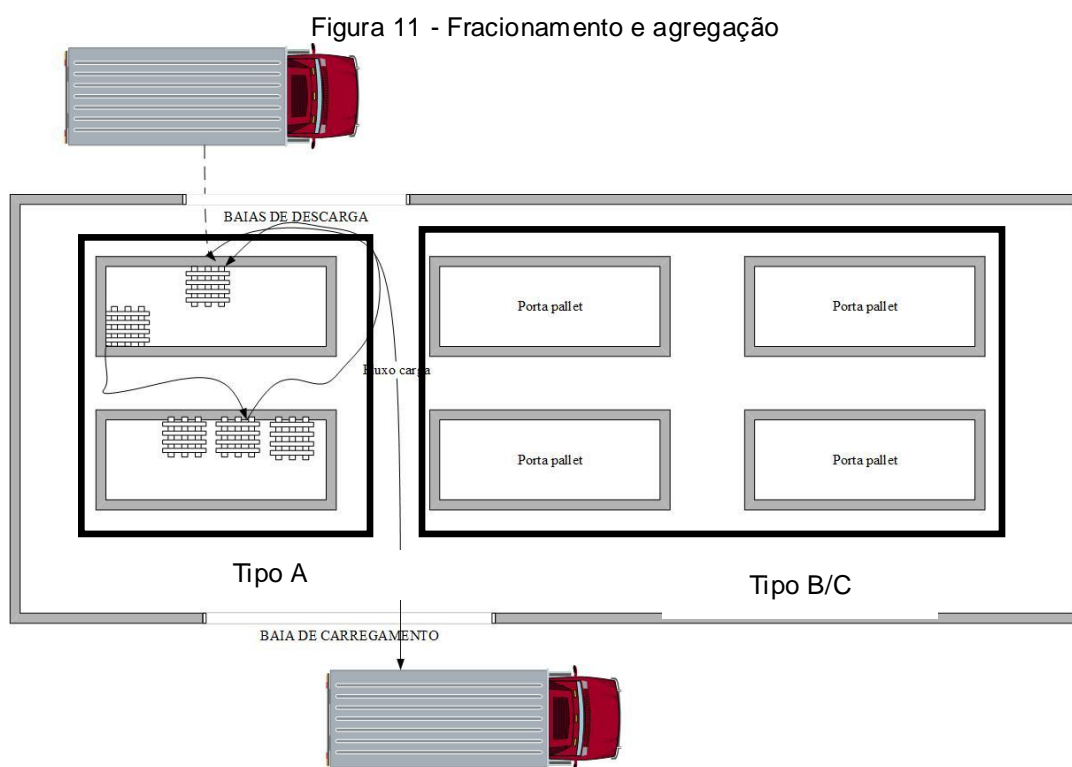
Quando a principal função do depósito é a estocagem de produtos e estes têm baixa rotatividade, o arranjo físico pode seguir o sistema de áreas, conforme mostra Figura 10. Neste caso, os pontos de armazenagem são largos de grande profundidade e o empilhamento das mercadorias pode ser tão alto quanto permitir o pé-direito do edifício ou a estabilidade da pilha. Corredores internos são estreitos. Devida à baixa rotatividade, os custos de movimentação interna não serão os fatores mais importantes no projeto de arranjo físico; os mais importantes são o aproveitamento total do espaço disponível. Observar que neste tipo de gerenciamento os pedidos são coletados diretamente a partir dos locais de armazenagem.

Figura 10 - Armazenagem



Fonte: Adaptado de Ballou (1993)

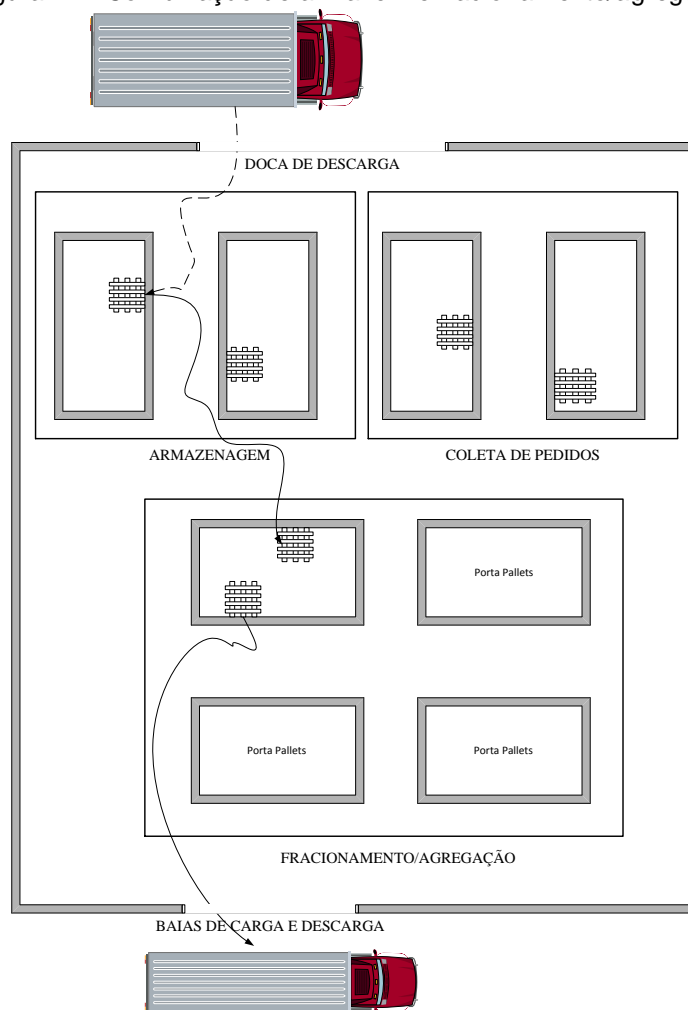
Já com alta rotação de estoques, o espaço físico é utilizado para acomodar produtos que não permanecem muito tempo em estoque, podendo considerar o custo de manuseio mais importante que o custo da área de armazenagem. Para tornar-se mais acessível as cargas devem ser postas em locais ou divisões de armazenagem de baixa altura ou pouco profundos, sendo o edifício característico: longo e estreito (Figura 11); fluindo os produtos pelo caminho mais curto entre os pontos de recepção e expedição.



Fonte: Adaptado de Ballou (1993)

Fluxos de produtos de alta e baixa rotatividade podem existir com a mesma facilidade. A forma mais comum de combinar boa utilização do espaço físico e movimentação de materiais eficiente é segmentar o depósito em seções conforme um sistema de área modificado. O terminal deve ser dividido em áreas de armazenagem e de seleção de pedidos, como ilustradona Figura 12. Uma parte do planejamento é o arranjo geral, alocar o espaço disponível aos itens afeta os tempos de deslocamento interno, pois cada produto ocupa uma área limitada. Designar itens para uma seção ou uma divisão significa que esta não estará mais disponível para outros produtos, assim deve-se encontrar o melhor padrão possível para alocação e fluxos dos produtos.

Figura 12 - Combinação de armazém e fracionamento/agregação



Fonte: Adaptado de Ballou (1993)

Segundo Ballou (1993), existem métodos para designação de áreas que vão desde o intuitivo até o mais científico. Métodos intuitivos incluem (1) rotatividade do item, (2) tamanho do item, (3) volume (cubagem) por pedido, (4) agrupamento em famílias. Assumindo estes métodos que maior parte da parcela de custos de manuseio está na seleção de itens para montagem de pedidos e não na armazenagem ou recepção das mercadorias. Fazendo sentido se maior parte dos movimentos internos ocorrem devido ao recolhimento dos pequenos volumes unitários que formam os pedidos de entrega, ao invés das mercadorias recebidas em volumes maiores. Estes métodos auxiliam a alocação de espaço físico, mas não garantem o arranjo físico de mínimo custo de manuseio, no entanto são amplamente empregados na prática e merecem atenção.

O método de rotatividade do item reconhece que diferentes produtos podem ter diferentes rotatividades. O número de deslocamentos até o local de armazenagem de certo item está diretamente relacionado com a rotação do mesmo. Logicamente assim, os itens que aparecem mais frequentemente nos pedidos devem ser localizados o mais próximo possível das docas de expedição para minimizar o custo de manuseio.

Já o método do tamanho do item reconhece que diversos produtos vêm em diferentes tamanhos. Obviamente em uma seção podem ser armazenados mais itens pequenos do que itens maiores. Assim estrategicamente arranjando-se o depósito de forma que os itens menores fiquem alocados perto das docas de expedições, a distância total para a montagem de pedidos pode ser potencialmente minimizada.

Os arranjos físicos gerados por ambos os métodos acima não são completamente satisfatórios, pois cada um deles negligencia o outro. J. L. Heskett combinou ambas as características do produto num índice de volume por pedido. Foi elaborado um indicador que é a razão entre volume (cubagem) solicitado do produto e a quantidade diária de pedidos do produto. Itens com volume reduzido são alocados próximos à área de expedição. Este método, volume por pedido, tenta designar a área do terminal de modo que o maior volume de estoque mova-se pela menor distância.

### **2.2.5 Capacidade Estática**

Segundo Rodrigues (2003) denomina-se Capacidade Estática ao limite máximo nominal de carga que uma área pode receber simultaneamente, expressa em toneladas. Uma das informações mais valiosas que gestores da operação de armazém visa estimar é a quantidade de carga que ocupará as áreas disponíveis quando totalmente ocupadas.

Estimando em curto prazo aumentar a quantidade de área de armazenagem ou suas dimensões, para atender picos de demandas inesperadas torna-se uma medida impraticável. Pode ser facilmente calculada, com a seguinte equação:

### Capacidade Estática = Área do piso x Resistência Estrutural do piso

Denomina-se Resistência Estrutural ao limite máximo de peso que um metro quadrado do piso pode suportar sem se deteriorar por compressão. Capacidade Estática é o retrato da situação em um dado momento, sem projeção no tempo. Quando se pretende projetar a capacidade de armazenagem ao longo de um período (semana, mês) trata-se de outra coisa, ou seja, do que se denomina Capacidade Dinâmica (RODRIGUES, 2003).

Para iniciar o dimensionamento da Capacidade Estática se faz necessário obter as dimensões da área de armazenagem. Porém, ao considerar o espaço físico não se toma em conta os fluxos de movimentações, relação volume/peso, necessidade de separação entre lotes, sendo que dimensões e altura de empilhamento influem de forma decisiva nesse cálculo. Assim, fica caracterizado que para gerenciar a Armazenagem, a aplicação da equação é irreal. Portanto a Capacidade Estática depende basicamente de três fatores apresentados no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4 - Fatores da Capacidade Estática



<b>Praça Útil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conjunto total de espaços realmente destinado à armazenagem e não a área total do piso</li> </ul>
<b>Altura de empilhamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verticalização do empilhamento, depende do Pé Direito do armazém</li> </ul>
<b>Fator de Estiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É o espaço ocupado por uma tonelada de uma determinada mercadoria, expresso em m<sup>3</sup> por tonelada.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

Segundo Rodrigues (2003), tendo conhecimento de quais fatores afetam consideravelmente a Capacidade Estática, tem-se:

$$\text{Capacidade Estática} = \frac{\text{Praça Útil} \times \text{Altura de Empilhamento}}{\text{Fator de Estiva Médio}} \quad (1)$$

Na rotina da gestão do armazém o que realmente é necessário saber é o espaço para receber um determinado lote de mercadoria. Para calcular este espaço necessita-se da informação das características do produto, geralmente fornecida por quem requisita o serviço.

### **2.2.6 Tempo Médio de Permanência**

Segundo Rodrigues (2003), tempo médio de permanência de um item no armazém, está diretamente relacionado ao giro do estoque<sup>4</sup>. Armazenagem é um processo de transferência dinâmico e contínuo, com fluxo rotativo sendo que para o operador quanto maior for a rotatividade menor será a ociosidade da carga no armazém. Desde modo, dependendo das condições do contrato com o cliente não se torna interessante o negócio.

Na gestão do armazém, o que interessa aos analistas é o conhecimento da quantidade de carga que será possível movimentar no armazém ao longo de um determinado período. Para estimar este cálculo de um lote, há apenas dois dados a serem considerados: data de entrada e data de saída do lote.

Considerando os últimos 100 lotes que saíram do armazém é uma das fórmulas consagradas para calcular o Tempo Médio de Permanência para observar a tendência. Se o Tempo Médio de Permanência é elevado, indicado pelos registros, provavelmente o volume de carga movimentado nessa área poderá ser ampliado.

Assim, evidenciando que tempos médios de permanência elevados reduzem sensivelmente a capacidade de armazenagem ao longo de um período de tempo projetado, denomina-se então Capacidade Dinâmica, ou seja, a Capacidade Estática multiplicada pela quantidade de giros de um determinado período.

O maior objetivo do gerenciamento de armazenagem deve ser reduzir ao máximo o Tempo Médio de Permanência dos lotes armazenados, obtendo maior rotatividade, e conseqüentemente maior lucratividade.

---

<sup>4</sup> Giro de estoque é a capacidade de recebimento mais a capacidade de expedição (NEVES, 2009).

### 2.2.7 Taxa de ocupação das áreas do Armazém

Segundo Rodrigues (2003), esta taxa tem como objetivo controlar a utilização das áreas de armazenagem, uma vez que expressa a quantidade de carga armazenada em determinado momento, como percentual da Capacidade Estática. Segundo o autor, tal taxa pode ser calculada a partir da seguinte equação:

$$\text{Taxa de Ocupação} = \frac{\text{Tonelagem Armazém}}{\text{Capacidade Estática}} \times 100 \quad (2)$$

Capacidade Estática baseia-se em valores médios, então a Taxa de Ocupação só pode ser calculada de forma aproximada, pois quando os tipos de cargas são alterados, altera-se também o Fator Médio de Estiva e Altura Média de Empilhamento, que compõem a equação da Capacidade Estática. Contudo, os valores calculados com a Taxa de Ocupação propõem uma visão da eficiência com que as áreas de armazenagem estão sendo utilizadas.

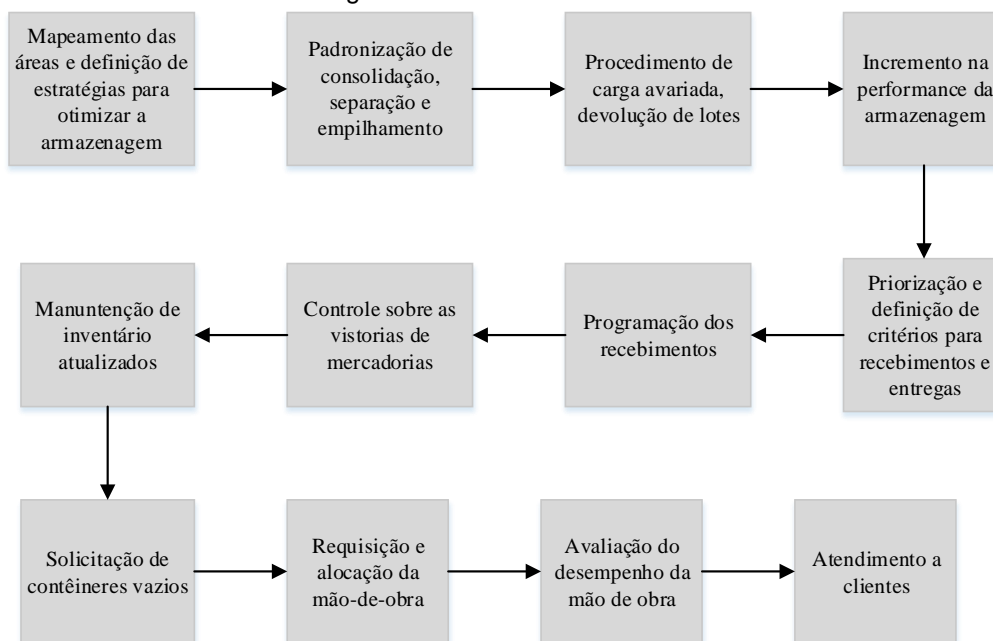
### 2.2.8 Planejamento das Operações de Armazenagem

A gestão de operações de armazenagem de forma resumida é apresentada na Figura 13.

Ao rigor, gestão da armazenagem resume-se em garantir a existência de capacidade de armazenar, controlar o fluxo adequado e eficiente da carga dentro e para fora das áreas, além de manter registros confiáveis das operações realizadas (RODRIGUES, 2003).

Como as demandas não são uniformes e previsíveis observa-se na prática, períodos de pico, variando também os tipos de operações. Ou seja, a demanda da armazenagem é extremamente variável.

Figura 13 - Fluxo de atividades



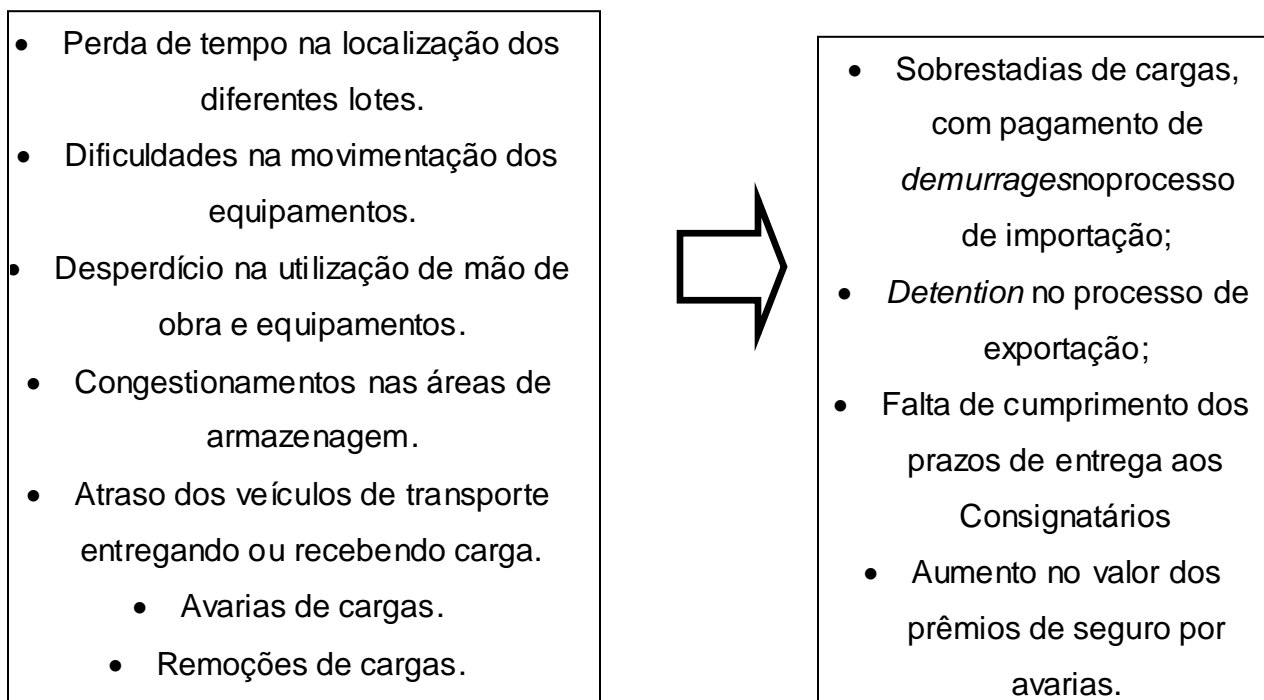
Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

Na prática, para poder planejar medidas eficazes, torna-se imperioso avaliar até que ponto as áreas de armazenagem estão sendo bem utilizadas, significando acompanhar diariamente a previsão de demanda e quantificar a ocupação das áreas, por meio de um indicador Taxa de Ocupação já definido anteriormente.

Segundo Rodrigues (2003), a ausência de planejamento pode significar atrasos enquanto alguém toma uma decisão. Além do mais, decisões tomadas sob pressão podem não ser as mais viáveis. A falta de planejamento pode trazer consigo algumas dessas desagradáveis consequências, Quadro 5, no âmbito operacional refletindo diretamente nos custos.



Quadro 5 - Consequências de um planejamento mal elaborado



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

A consequência de *demurrage* no processo de importação e *detention* no processo de exportação podem ser definidas no direito internacional e aduaneiro como quando há a ocorrência da sobreestadia do contêiner nos portos de destino ou origem, será aplicado um valor sobre essa ocorrência. Ou seja, quando houver a utilização do contêiner além do tempo contratado com a consequência da devolução fora do prazo estabelecido (PORTOGENTE, 2011). A título de exemplo, consultando o site do armador Hamburg Süd, tem-se os seguintes valores para *demurrage* e *detention*, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Importação *Demurrage* Exportação *Detention: Freetime* e tarifas

Tipo do Contêiner	<i>Freetime</i>	Tarifas diárias pós <i>Freetime</i> (em US\$)	
		1º dia até o 10º dia	A partir do 11º dia (até a entrega na importação); A partir do 11º dia (até a data de descarregamento ou entrega da unidade vazia devido ao cancelamento do <i>booking</i> pelo cliente na exportação)
Dry 20´	10 dias corridos	30,00	45,00
Dry 40´	10 dias corridos	60,00	85,00
High Cube 40´	10 dias corridos	60,00	85,00
Flat Rack 20´	10 dias corridos	45,00	60,00
Flat Rack 40´	10 dias corridos	90,00	120,00
Open Top 20´	10 dias corridos	45,00	60,00
Open Top 40´	10 dias corridos	90,00	120,00
Reefer 20´	07 dias corridos	90,00	135,00
Reefer 40´	07 dias corridos	180,00	255,00

Fonte: Hamburg Süd (2016)

Quaisquer dessas consequências citadas, independente da ordem do processo, podem gerar diversos tipos de custos afetando sempre as duas pontas: o cliente e o prestador do serviço. Assim o planejamento de operação de um armazém geral é imprescindível para se manter ativo e capaz de atingir novos negócios. Portanto, para um planejamento ser bem elaborado é necessário conhecer todos os elementos que compõem o sistema e, estipular como cada elemento reagirá a alguma ação aleatória ou pré-definida. Assim a técnica de modelagem e simulação pode ser ferramenta crucial para se alcançar este objetivo. Tal abordagem será tratada na seção seguinte.

## 2.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Segundo Simon (1965) “[...] o ser humano possui apenas um conhecimento fragmentado das condições que cercam a ação, e ligeira percepção das regularidades dos fenômenos e das leis que lhe permitiriam gerar futuras consequências com base no conhecimento das circunstâncias atuais”.

Diante disso, e da relevância que a tomada de decisão assume para o gerenciamento, torna-se importante a utilização de ferramentas que auxiliem a visualizar sistematicamente as organizações, identificando os efeitos e consequências das decisões tomadas. Neste sentido, emerge a funcionalidade e o potencial da simulação computacional explicitada neste capítulo.

### 2.3.1 Modelagem computacional

Segundo Law e Kelton (1981), um sistema é o conjunto de entidades (pessoas, máquinas) que interagem entre si a fim de alcançar seus objetivos, podendo o sistema ser analisado por duas formas, quais seja: experimentação com sistema real(em prática) e experimentação com modelos do sistema (simulação).

Na experimentação com sistema atual, os efeitos das mudanças são analisados no próprio sistema, após sua implementação. Sendo esta alternativa geralmente associada com riscos e custo elevados, podendo ainda estar sujeita a restrições físicas e temporais.

Os modelos representam uma simplificação da realidade, através dos quais se procura representar e destacar elementos da realidade que sejam os mais importantes para a decisão a ser tomada. Este experimento quando comparado com prática real, permite baixo custo, maior segurança e rapidez na análise de uma dada situação (LAW; KELTON, 1981).

Conforme Borba (1998) a modelagem de sistemas é a melhor abordagem para o entendimento das complexas relações existentes em um processo produtivo. Trata-se de uma representação simplificada da realidade possibilitando a construção de um modelo significativo da mesma, minimizando distorções de percepções.

A modelagem pode ser usada para prever a relação entre variáveis; gerar uma explicação plausível a um determinado resultado; descobrir consequências inesperadas da interação de processos simples; analisar a possibilidade de o sistema modelado gerarum determinado comportamento, dentre outros (AXELROD, 1997). Em sua maioria, os sistemas têm como característica um comportamento complexo e existem adeptos que acreditam que a complexidade do sistema é devido ao número de variáveis existentes e na quantidade de possibilidades combinatórias possíveis de se encontrar, sendo um exemplo uma solução de um problema (STERMAN, 2000).

É fundamental a compreensão da complexidade do sistema e que as ações não são isoladas de suas possíveis consequências. Ocorre justamente o contrário: elas se propagam por todo o sistema. Com isso, por exemplo, se houver o estudo de apenas uma variável de interesse se torna cada vez mais difícil à medida que pequenas alterações nesta realizam interações e mudanças em outras variáveis do sistema, deixando assim a análise e interpretação mais complexa (LOUREIRO, 2009).

De acordo com Sterman (2000) a grande utilização da modelagem em diversas áreas da ciência deve-se aos seguintes fatores: (1) a existência de teorias muito difíceis ou impossíveis de se testar na realidade, seja por não haver condições necessárias para mostrar a teoria, seja pelo longo tempo necessário para gerar resultados; (2) as organizações evitam os riscos e programar ou testar uma nova teoria pode gerar consequências com grande impacto na realidade que nem sempre é benéfico.

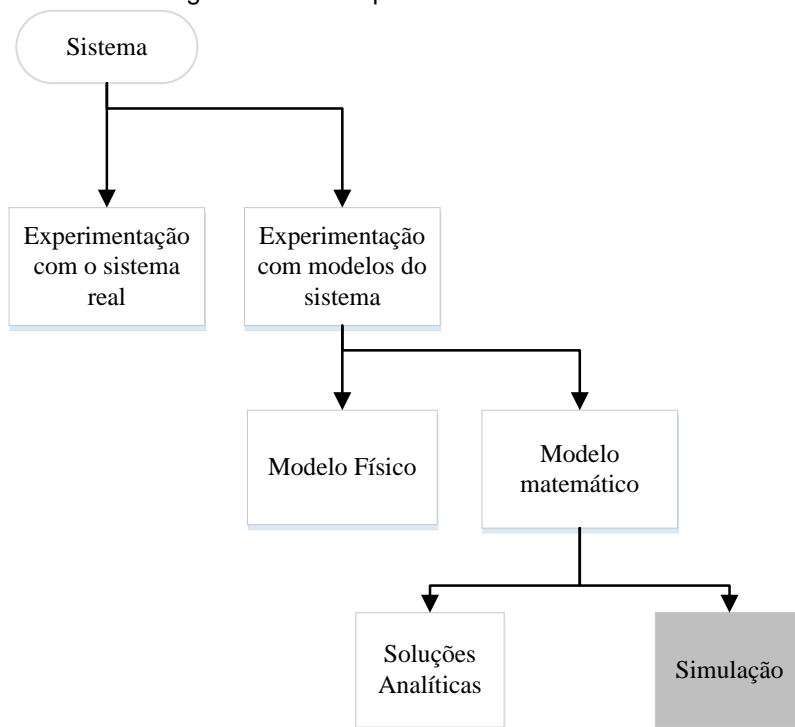
Segundo Andrade (2015), em ciência a utilização de modelos é uma atividade corriqueira, desde modelos com escala reduzida (barragens, topografia, etc.) até modelos de aviões para estudo aerodinâmico e modelos analíticos de processos físicos e mentais.

Porém na modelagem existe uma série de limitações e desvantagens, tais como: (1) os resultados da modelagem podem ser afetados por problemas dos próprios sistemas usados e pela interpretação da linguagem matemática e (2) o fato dos resultados não poder ser generalizado para todas as condições (HARRISON *et al.*, 2007; STERMAN, 2002).

A modelagem de um sistema pode ser definida em dois tipos: modelos físicos ou modelos matemáticos, sendo que os modelos matemáticos podem ser

subdivididos em soluções analíticas e simulação. A Figura 14, representa esquematicamente o caminho para estudar o sistema:

Figura 14 - Fluxo para estudar o sistema



Fonte: Law e Kelton (1991)

As soluções analíticas buscam um resultado ótimo para seu sistema modelado, apresentam restrições quanto ao uso, diretamente relacionadas com a complexidade do sistema analisado.

Já segundo a classificação de Moore e Weatherford (2005) os modelos podem ser classificados de três diferentes formas, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Classificação de Modelos

Analógicos	Simbólicos	Físicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizados pela construção de protótipos ou modelos de escala reduzida;</li> <li>• Os experimentos ou simulações podem ocorrer em pistas de provas ou túneis de vento por exemplo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representam-se através de um meio diferente, mas análogo ao um mesmo conjunto de relações;</li> <li>• Exemplo: velocímetro que pelo movimento de uma agulha numa escala representa a velocidade de um veículo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os conceitos são representados por variáveis definidas quantitativamente e seus relacionamentos são representados matematicamente e não física ou analogicamente;</li> <li>• Por usarem variáveis quantitativas e inter-relacionadas por equações, os modelos simbólicos são muitas vezes chamados de matemático ou simulação.</li> </ul>

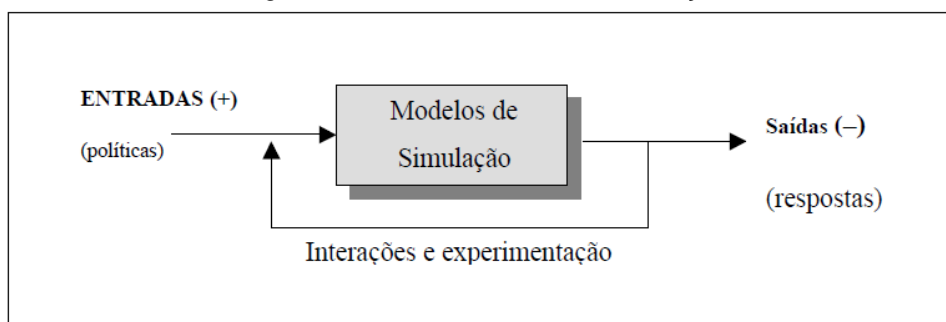
Fonte: Moore e Weatherford (2005)

Segundo Little (1994) a tradicional modelagem matemática muitas vezes é criticada devido considerarem que a abordagem é um sistema linear; falharem no momento de identificação do sistema; buscarem resolver problemas de forma fragmentada e não se preocuparem com as pré-condições para o uso e implementação do problema.

Normalmente, na literatura o processo de modelagem de um problema segue a seguinte metodologia: (1) na primeira etapa é determinada a conceituação do problema; (2) na segunda etapa ocorre a modelagem propriamente dita; (3) na terceira etapa é realizada a resolução do problema (YOSHIZAKI, 1997; MITROFF *et al.*, 1974). O modelo como base para exploração e experimentação da realidade constitui a simulação computacional (PIDDA, 1998). A base conceitual da simulação computacional está representada na Figura 15.

Observa-se que através de experimentação de um modelo desenvolvido em computador (modelo de simulação), buscam-se respostas (saídas) para variações das políticas aplicadas (entradas conhecidas). Torna-se possível avaliar o que aconteceria se determinada ação (interações e experimentação) fosse tomada no sistema real. Com isso, é possível avaliar o resultado da mudança de diversos parâmetros, possibilitando a comparação entre cenários. Em relação às técnicas computacionais de modelagem comumente empregadas tem-se: otimização, métodos heurísticos, probabilísticos estáticos e simulações (SANCHES, 2009).

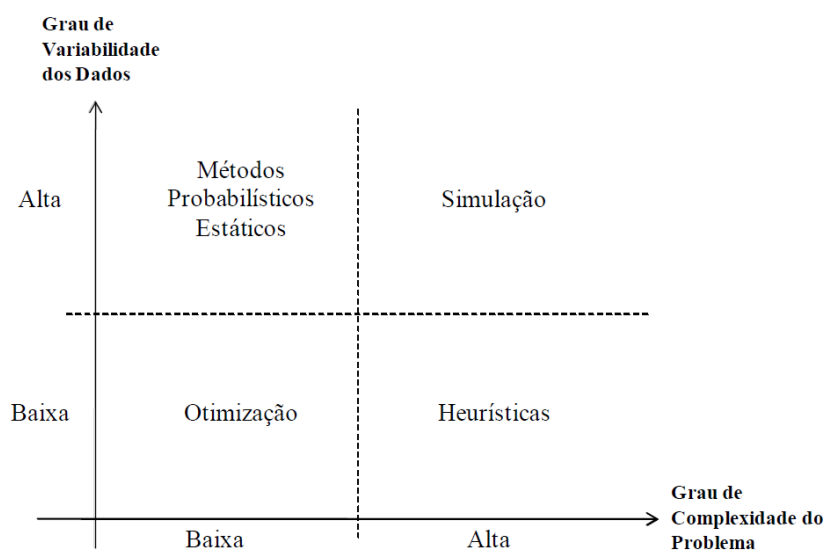
Figura 15 - Base conceitual de simulação



Fonte: Pidd (1998)

Na Figura 16 pode-se notar como é explorado o caminho dessas diferentes técnicas utilizadas para resolução de problemas.

Figura 16 - Técnicas de modelagem conforme a complexidade e variáveis dos problemas



Fonte: Ceciliano (2007)

A técnica de simulação trata de modelos estocásticos permitindo modelar sistemas com grande número de eventos e relações (BERGUE, 2000). E esta técnica será empregada neste trabalho, a qual será explicada mais detalhadamente no item a seguir.

### 2.3.2 Definição de simulação computacional

A simulação computacional é uma técnica que envolve a criação de um modelocomputacional para representar alguma parte do mundo real, de tal forma que os experimentos no modelo são como uma previsão do que está ocorrendo na realidade (RIPOLL, 1985 *apud* BERGUE, 2000).

Segundo Cassel (1996), a simulação dessa forma permite que se verifique o funcionamento de um cenário de um sistema real emum virtual, gerando modelos que se comportam como aquele considerando a variabilidade do sistema e demonstrando o que acontecerá na realidade de uma forma dinâmica.

Já Andrade (2015) afirma que a simulação de um sistema é a operação de um modelo que representa o mesmo, geralmente em computadores, respeitando-se todas as regras, condições e restrições gerais a que o sistema está inserido. O modelo permite manipular cenários que seriam inviáveis no sistema real que ele representa, por causa do custo ou da impossibilidade de realizá-las.

As vantagens apresentadas por Law e Kelton (1991) para a utilização da simulação computacional em estudos de sistema são as seguintes:

- Possibilita um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível na experimentação real;
- Permite simular longos períodos em um tempo reduzido;
- Replicação precisa dos experimentos, podendo testar cenários ao sistema;
- Complexos sistemas podem conter elementos estocásticos que não conseguem ser tratados com métodos analíticos e assim, podem ser, na maioria das vezes, estudados via simulação.

Como desvantagens na aplicação da simulação computacional, segundo os autores supracitados apresentam-se:

- A técnica de simulação não é por si só otimizante, testa somente as alternativas dadas pelo usuário;
- Estudo de simulação pode ser complexo e tornar-se demorado e consumir recursos elevados;



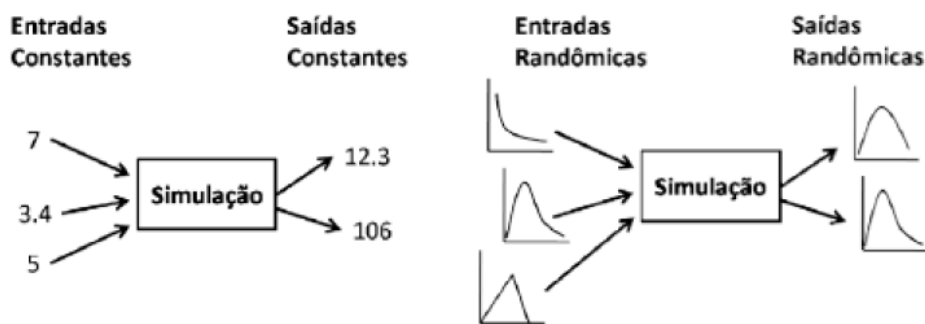
- A simulação computacional depende totalmente da validade do modelo desenvolvido. Se o modelo criado não representar fielmente o sistema real ou se os dados de entrada não são confiáveis, não adianta estudar os dados de saída e propor uma solução ao problema.

Duas subdivisões para simulação foram apresentadas no trabalho de Loureiro (2009): (1) a simulação não-computacional, onde não há a necessidade de um computador para ser aplicado (por exemplo- a utilização de um protótipo em escala reduzida de uma aeronave para em um túnel de vento) e, (2) simulação computacional, objeto de estudo deste trabalho, podendo ser dividida em: estática ou dinâmica, determinística ou estocástica e discreta ou contínua.

Segundo Loureiro (2009) um modelo de simulação estático é aquele onde seu estado não sofre mudança em relação ao tempo, assim não considera o tempo como uma variável do sistema. Para este tipo de simulação um método clássico empregado é o Monte Claro, onde o fator que não é conhecido com certeza é considerado uma variável aleatória, tendo seu comportamento descrito por uma distribuição de probabilidade. No caso da simulação dinâmica as variáveis do estado do modelo sofrem alterações conforme o tempo evolui, considerada uma técnica útil para a avaliação de processos industriais como operações de serviços e linhas de montagens.

Quanto aos modelos de simulação determinísticos todos os estados futuros já são determinados desde o momento que foram definidos os dados de entrada e o estado inicial do sistema, ou seja, não possui estado randômico. Assim este tipo de simulação produzirá sempre os mesmos dados de saída, independentemente do número de vezes que o modelo foi executado (LOUREIRO, 2009). Um processo estocástico, devido à aleatoriedade das variáveis, necessita de um número maior de aplicações ou interações para produzir resultados precisos e confiáveis, devidos dados de saída do modelo apresentarem como característica randômica. Para garantir resultados com precisão se faz necessário calcular os valores médios das métricas ou medidas de desempenhos desejadas. Veja o exemplo da Figura 17.

Figura 17 - Exemplo de simulação determinística e estocástica



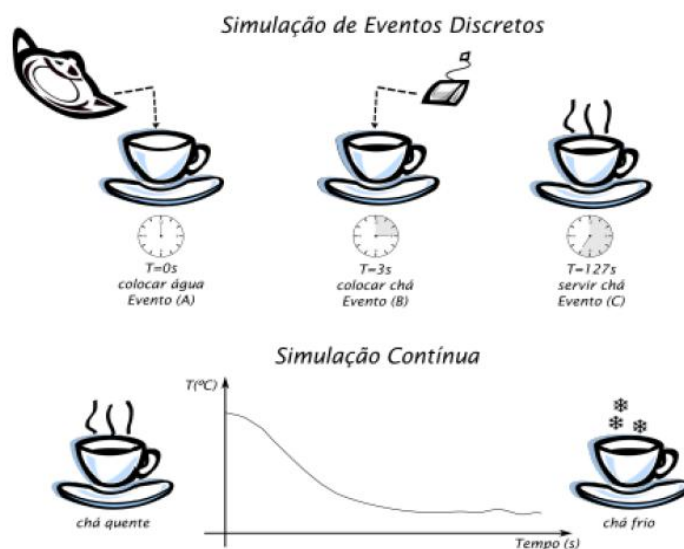
Fonte: Harrel *et. al.* (2002)

Na simulação de um evento discreto a ação instantânea ocorre em um momento único e o relógio de simulação avança à medida que o evento ocorre. Mas na simulação de evento contínuo a ação não cessa, e o relógio continua ininterruptamente em relação ao tempo.

A simulação contínua permite que as variáveis do modelo se alterem ao longo do tempo conforme taxas de mudanças definidas e relacionadas ao relógio de simulação (HARREL *et. al.*; 2002). Veja um exemplo na Figura 18 demonstrando o processo de simulação contínuo e discreto. A preparação de uma xícara de chá pode ser observada em três eventos, a colocação da água quente na xícara, a adição do chá à água quente e a disponibilização do chá. Ao contrário do processo de resfriamento que ocorre de forma ininterrupta, cada evento ocorre em um determinado instante de tempo.

Segundo Mayo e Wichmann (2003), outra diferença entre os dois métodos está no emprego dos dados: a simulação de eventos discretos é dependente de uma base de dados abrangente e detalhada, já para simulação de eventos contínuos utiliza a base de dados em três situações: (1) para iniciar a simulação sendo que após este início as equações do sistema passam a controlar as operações; (2) para representar variáveis exógenas e, (3) calibrar o modelo e verificar a integridade, através da comparação da base de dados conhecida e a obtida como resultado da simulação.

Figura 18 - Simulação de Eventos Discretos e Contínuos



Fonte: Chwif e Medina (2004)

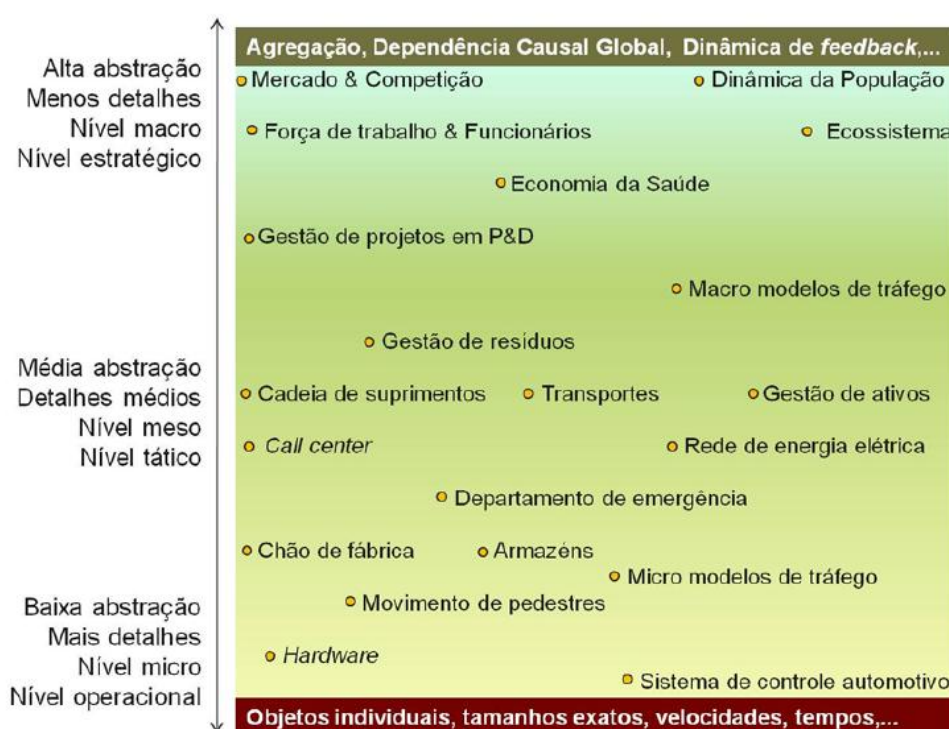
A simulação dos modelos é analisada através de métodos numéricos ao invés de métodos analíticos. Métodos analíticos empregam o raciocínio dedutivo da matemática para “resolver” o modelo. Já os métodos numéricos empregam procedimentos computacionais para “resolver” modelos matemáticos. No caso de simulação do modelo, que aplica métodos numéricos, modelos são executados ao invés de resolvidos, isto é, uma história artificial do modelo é elaborada, a partir de pressupostos do modelo e as que observações foram recolhidas para serem analisadas e para estimar o verdadeiro desempenho do sistema (BANKS, 2004).

Segundo Sterman (2002), a simulação é adequada para problemas complexos e para problemas que contenham um número limitado de alternativas a serem consideradas. Outras vantagens da simulação, segundo Bodin e Levy (1994), incluem a utilização de interfaces gráficas que auxiliam o entendimento e, por consequência, a aceitação dos melhores modelos; permitir que soluções inovadoras possam ser testadas sem provocar riscos para as organizações (HALE, 1999).

### 2.3.3 Métodos de simulação aplicáveis a modelagem de problema de armazenagem

Segundo Borshchev e Fillippov (2004), o método de simulação deve ser escolhido somente após a caracterização do problema em estudo. Conforme o nível de abstração, os problemas podem ser arranjados em uma escala. Por exemplo, objetos individuais físicos como tamanhos, distâncias e velocidades exatas são problemas elaborados e tratados a um nível de detalhamento. Outros exemplos de problemas com seus respectivos níveis de detalhamento podem ser observados a seguir na Figura 19.

Figura 19 - Escala no nível de abstração

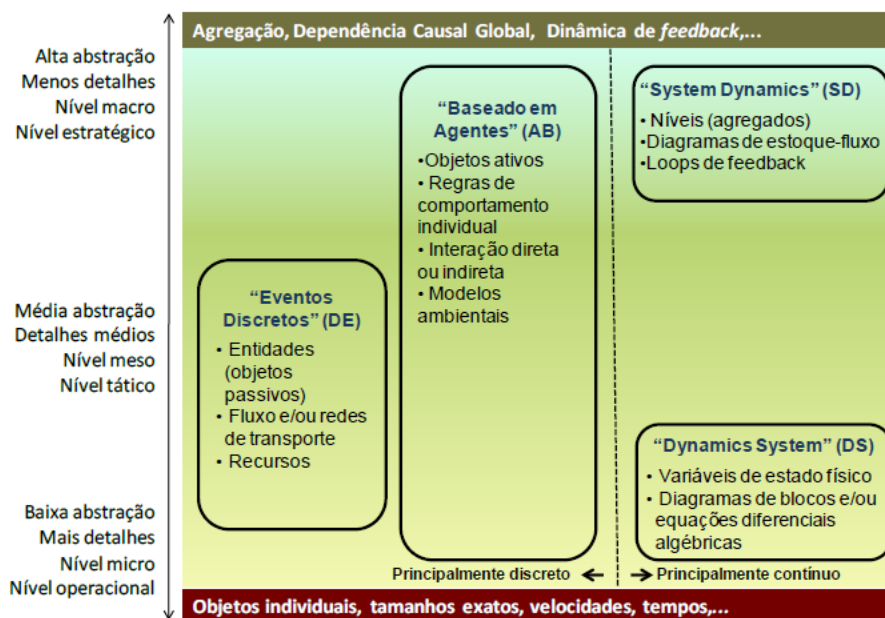


Fonte: Borshchev e Fillippov (2004)

Para níveis de abstração médios e altos é indicado modelar para um problema utilizando métodos ABMS - *Agent Based Modeling and Simulation* e SD – *Systems Dynamics*, segundo Figura 20. O método SD trata de processos contínuos e é indicado para o mais alto nível de abstração, já o método ABMS trata-se de

tempos discretos sendo aplicado em todos os níveis de abstração, variando a escala dos elementos e a natureza.

Figura 20 - Abordagens em modelagens conforme o nível de abstração



Fonte: Borshchev e Fillippov (2004).

Segundo Silva *et al.* (2011) considera-se que problemas logísticos e da cadeia de suprimentos envolvem diversos elementos e podem ser trabalhados em diversos níveis de detalhamento. Contudo neste presente estudo por escolha do autor, adotou-se a modelagem de Eventos Discretos com maior nível de detalhamento e menor abstração de dados.

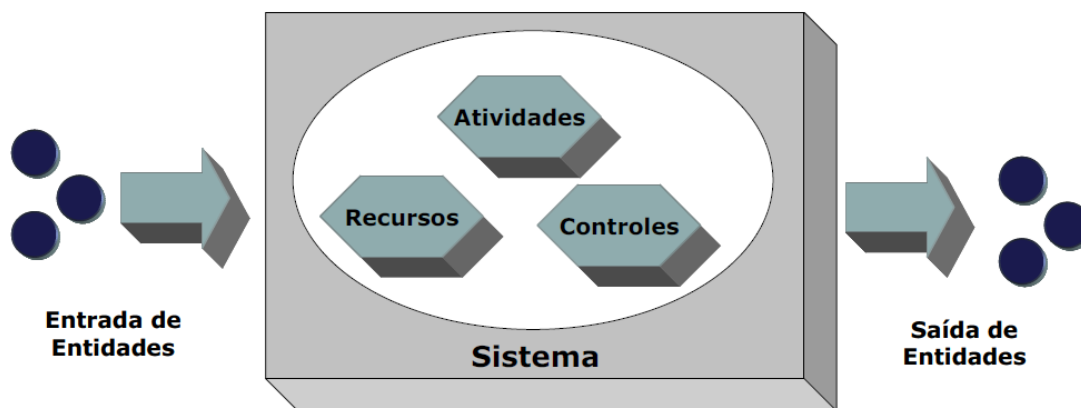
## 2.4 DEFINIÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

Segundo Morecroft e Robinson (2005) observa-se que existem poucos trabalhos acadêmicos que comparam métodos de simulação de eventos discretos (DES) e contínuos (System Dynamics - SD).

Na simulação de eventos discretos os elementos que compõem o sistema podem ser descritos como entidades, recursos, atividades e controle. Estes elementos definem quem, onde, como, quando e como serão processados os

modelos. Uma representação do sistema sob a perspectiva do modelo de DES está demonstrada na Figura 21:

Figura 21 - Elementos do sistema DES



Fonte: Morecroft e Robinson (2005)

Entidades são itens que são processados através do sistema, sendo que cada entidade possui sua característica como custo, capacidade, prioridade, qualidade, formato, condição entre outras características que diferenciam uma das outras, podendo ser chamadas de atributos (KELTON *et al.*, 2007). As entidades podem ser subdivididas em:

- Animadas ou humanas (clientes, pacientes);
- Inanimadas (peças, documentos, caixas);
- Intangíveis (chamadas, pedidos).

Tarefas que são realizadas no sistema que podem ser envolvidas direta ou indiretamente com o processo das entidades são definidas atividades. Usualmente as atividades consomem tempo e envolvem recursos, podendo-se classificá-las como:

- Atividades de processamento de entidades (inspeção, fabricação, tratamento ou *check-in*);
- Atividade de movimentação de recursos ou entidades (controle de elevador, deslocamento de caixas por empilhadeiras);

- Atividade de manutenção, reparo, ajuste (setup de equipamentos, consertos de máquinas).

Recursos são definidos como meios de execução das atividades e tem como características: capacidade, velocidade, tempo de ciclo e produtividade. Os dimensionamentos errôneos e inadequados dos recursos necessários podem comprometer o desempenho do sistema. Assim, recursos podem ser subdivididos em:

- Animadas ou humanas (operadores, médicos, maquinistas);
- Inanimadas (máquinas, espaço, ferramentas);
- Intangíveis (informação, energia elétrica).

Outras classificações possíveis:

- Móvel ou Estacionário;
- Compartilhado ou Dedicado;
- Consumível ou Permanente.

Quem dita a ordem ao sistema são os controles, os quais elegem como, onde e quando as atividades serão executadas, fornecendo a operação do sistema de informação e decisão lógica. Exemplos de controles são: planos de produção, agendas e horários de trabalho, como programação de estufagem, políticas de controle e prioridade de atividades.

Já segundo BANKS (2004), os conceitos são definidos:

- **Sistema:** uma coleção de entidades (por exemplo, pessoas e máquinas) que interagem em conjunto ao longo de um tempo para realizar um ou mais objetivos;
- **Modelo:** uma representação abstrata de um sistema, geralmente contendo estrutural, lógica ou relações matemáticas que descrevem um sistema em termos de Estado, entidades e seus atributos, grupos, pessoas, processos, eventos, atividades ou atrasos;

- **Estado do Sistema:** uma coleção de variáveis que contêm todas as informações necessárias para descrever em qualquer momento;
- **Entidade:** qualquer objeto ou componente no sistema que exige representação explícita no modelo (por exemplo, um cliente, uma máquina);
- **Lista:** uma coleção de entidades associadas (permanente ou temporária) ordenada de alguma forma lógica (como todos os clientes em uma fila ordenados por “primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido”);
- **Evento:** uma ocorrência instantânea que muda o estado do sistema (como a chegada de um cliente);
- **Aviso de evento:** registro de um evento para ocorrer no momento atual ou futuro, juntamente associado a dados necessários para executar o evento;
- **Lista de eventos:** uma lista de avisos de eventos futuros, ordenados por tempo de ocorrência; também conhecido como lista de eventos futuros;
- **Atividade:** uma duração de tempo de comprimento especificado (por exemplo, tempo de serviço ou chegada) que é conhecido quando se começa (embora podendo ser definido em termos de uma distribuição estatística);
- **Atraso:** a duração de um tempo de comprimento indefinido não especificado, que não é conhecido até acontecer (por exemplo, um atraso de um cliente com ordem de primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido que depende de chegadas futuras);
- **Relógio:** variável que representa o tempo simulado.

Cada simulação pode usar diferentes terminologias para os mesmos ou semelhantes conceitos, por exemplo, *listas* às vezes são chamados de conjuntos filas ou cadeias. As *entidades* em lista são sempre ordenadas por alguma regra, sendo que o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido (*first-in-first-out*) ou o último a chegar é o primeiro a ser atendido (*last-in-first-out*).

Uma *atividade* representa um tempo de serviço, um tempo entre chegadas, ou qualquer outro tempo de processamento cuja duração tenha sido caracterizada e definida pela pessoa que está elaborando o modelo. A duração da atividade pode ser especificada em duas maneiras, sendo elas determinísticas e estocásticas, como já definidas previamente. Assim a duração de uma atividade é registrada a partir do momento que o programador dita o seu início, como também se a duração será afetada por outro evento ou não.



Em contraste com a atividade, o *atraso* não é especificado pelo programador antes do tempo, mas sim determinado pelas condições do sistema. Porém muitas vezes a duração de um atraso pode ser medida e é uma das saídas desejadas pelo programador. Às vezes o atraso é chamado de espera condicional, ou seja, uma atividade em espera condicional. O complemento de uma atividade é o *evento*, com frequência chamado evento primário, sendo gerido pela colocação de um aviso de evento. A conclusão de um atraso às vezes é colocada como um evento condicional ou secundário, mais tais eventos não são representados por avisos de eventos.

Os sistemas considerados no modelo são dinâmicos, ou seja, mudam ao longo do tempo. Portanto o estado do sistema, entidades, atributos, número de entidades ativas, o conteúdo das execuções, atividades envolvidas, atrasos atualmente em andamento são todas funções de um tempo e estão constantemente mudando ao longo do mesmo.

Tais teorias foram adotadas para uma melhor elaboração de um modelo de simulação coerente, com objetivo de elaborá-lo o mais próximo possível da realidade operacional.

### 3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é demonstrado em qual ambiente o problema está inserido, a instituição, seu funcionamento, planejamento do setor analisado, descrição estrutural, capacidade estática dos armazéns e descrição da operação dos perfis de cargas estudados.

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

O estudo de caso a ser analisado neste trabalho ocorre no terminal retroportuário da empresa Aliança Transporte Multimodal Ltda. (ATM). Esta foi criada pela Aliança Navegação e Logística para atender às necessidades do mercado com ênfase maior no negócio terrestre, dispondo de serviços de armazenagem e movimentação de cargas, sejam elas voltadas para importação ou exportação. Entre as vantagens da utilização dos serviços tem-se a redução de custos e facilidade no transporte de carga, maior segurança e praticidade.

Sua matriz situa-sena Estrada José Alves, 4184 - 89.249-990 - Itapoá, SC, Brasil em uma área retroportuária. Há também uma unidade da empresa em Manaus, a 1,5 quilômetros do Porto de Chibatão, que possui infraestrutura para operações de terminal de contêineres cheios, armazém geral, consolidação de cargas, transporte de cargas fracionadas e transporte rodoviário.

A primeira fase da matriz teve início por volta de julho de 2013, com a operação de contêineres vazios (DEPOT) e em outubro do mesmo ano em plena operação com movimentação de cargas em geral, armazenagem, transporte, ova, desova de contêineres, recebimento e preparação de cargas para embarque. Contém uma área construída de 66 mil m<sup>2</sup>, com uma armazenagem inicial de quatro mil m<sup>2</sup>, com capacidade operacional de sete mil TEUs, sendo 900 TEUs para carga refrigerada, 2 balanças rodoviárias e modernos sistemas operacionais de controle e movimentação de carga. Uma vista do terminal de Itapoá é ilustrada na Figura 22.

Figura 22– Terminal retroportuário de Itapoá



Fonte: ATM (2016)

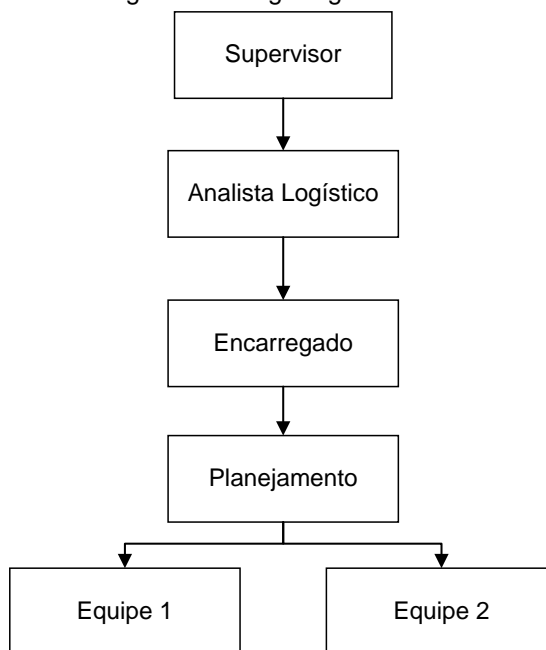
Segundo Costa (2016) a ATM vem trabalhando para ser um operador logístico competitivo em custo e qualidade, oferecendo ao mercado a infraestrutura operacional e logística multimodal, para as cadeias logísticas nacionais. O terminal de Itapoá, a 4 km do porto de Itapoá-SC, possui infraestrutura para as operações de terminal de contêineres cheios e vazios, armazém geral, consolidação e desconsolidação de cargas, transportes de cargas fracionadas, transportes rodoviários e em 2016 iniciou atividades de manutenção e reparo de contêiner frigorífico (*Reefer Service*).

A filial em Itapoá-SC proporciona ao cliente armador (empresa de transporte marítimo) uma logística integrada conteineirizada ofertando os seguintes serviços: transporte dos contêineres vazios de/para porto, recebimento de contêineres vazios devolvidos de importadores, vistoria do armador, estimativa de reparos e envio via *Electronic Data Interchange* -EDI para o sistema do armador, reparo dos contêineres avariados de acordo com o padrão do armador, reparo de contêineres frigoríficos, limpeza e lavagem de contêineres, armazenagem dos contêineres vazios, liberação para exportadores de acordo com o fechamento de carga (*Booking*<sup>5</sup>), transporte porta-a-porta para exportação e importação, armazenagem de contêineres cheios, transporte e/ou recebimento de cargas do cliente embarcador, estufagem em contêineres, desova de contêineres e transporte e/ou entrega de cargas para o cliente final.

<sup>5</sup>*Booking*: diz a respeito á reserva, no navio, de espaços para a carga. Também conhecida como Reserva de Praça (PORTOGENTE, 2016).

Na área do CFS (*Container Freight Station*), onde o estudo é realizado, o organograma é definido da seguinte maneira:

Figura 23 - Organograma CFS



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

Sendo o Supervisor quem analisa as decisões no nível mais estratégico dentro da empresa, o Analista Logístico e o Encarregado atuam na dinâmica operacional e mantêm contato direto com o Supervisor, o setor de Planejamento analisa as informações tanto de nível estratégico quanto operacional, para a garantia de processos operacionais com sucesso, e as Equipes executam o planejado.

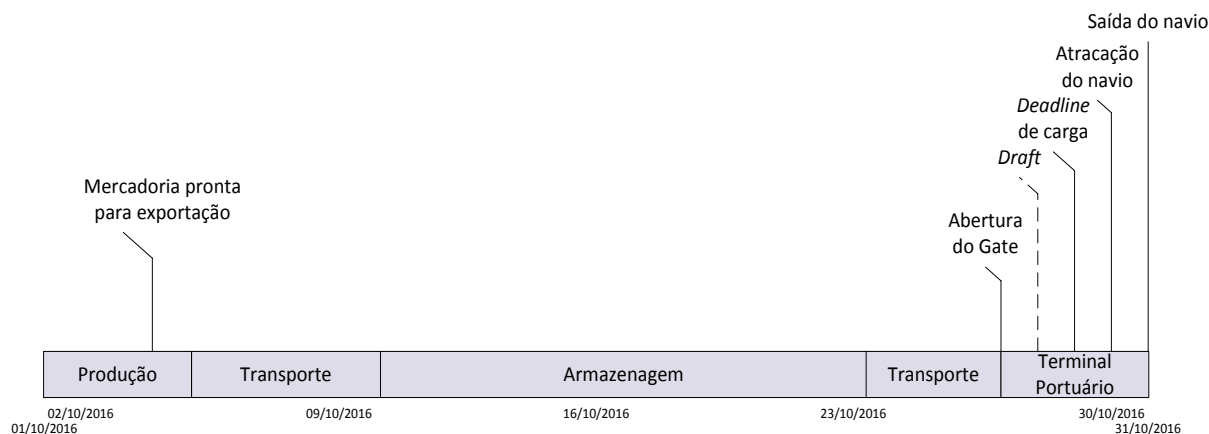
Este estudo será embasado na infraestrutura disponível pelo terminal retroportuário de Itapoá, bem como seus recursos, dados e informações.

### 3.2 DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO ATUAL

Os processos operacionais de exportação como o de importação, são delimitados por prazos para a garantia da execução operacional e documental do mesmo. Assim são estabelecidos pelo armador ao seu cliente quais os prazos terão

que ser cumpridos para a garantia do serviço. Na Figura 24, pode-se ter uma ideia da ordem dos prazos.

Figura 24 - Processo Exportação



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

A linha do tempo começa com as janelas de atracação dos navios no porto, tendo os armadores o acesso a esta informação, informando assim ao cliente quando é solicitado um pedido do *Booking*. O armador avisa o porto sobre o *Booking* e libera o contêiner vazio para ser coletado. Após estas partes estarem informadas inicia-se o processo de coleta da mercadoria e o transporte da mesma até o armazém retroportuário para a consolidação da carga e estufagem. Dependendo do tempo disponível é coletado o contêiner vazio, realizado a estufagem e programado o envio do contêiner cheio ao porto, para o embarque no navio. Esta fase de coleta, transporte e descarga no armazém retroportuário depende do cliente e das transportadoras tornando-se uma fase muito suscetível a atrasos, demandando planejamento e flexibilidade para execução de toda a operação dentro dos prazos estimados.

O foco de análise deste estudo se dá a capacidade do armazém retroportuário, considerando infraestrutura e operações. Assim, consideram-se dois armazéns, denominados AZ1 e AZ2, sendo destinado o AZ1 mais para os processos de importação e o AZ2 direcionado a processos operacionais de exportação. É válido comentar que esta regra não é restritamente seguida, pois quando há um pico de volume de carga e um deles excede sua capacidade, acaba-se direcionando os volumes para o outro, como alternativa paliativa à agilidade nas operações dos armazéns.

A gestão de operação dentro destes armazéns é realizada pelo setor CFS, que diariamente acompanha o registro de novas demandas, realiza a programação de estufagem conforme o *deadline* de carga<sup>6</sup>, recebe as mercadorias no sistema *Warehouse Management System* – WMS, como também controla o estoque de mercadoria depositada nos armazéns, analisa e organiza as descargas agendadas pelo setor Comercial da empresa. As operações realizadas nos armazéns são as seguintes:

- Desova: retirada do produto dentro dos contêineres, esta operação geralmente é associada ao processo de importação;
- Estufagem: inserção dos produtos definidos pelos clientes dentro do contêiner, operação geralmente associada ao processo de exportação;
- Carregamento: operação de embarque de carga em algum caminhão, operação associada a processos de importação;
- Descarga: operação de desembarque de carga de algum caminhão que realizou o transporte, geralmente associado ao processo de exportação.

Porém cada processo deste não é um evento isolado, depende de outras variáveis para executar corretamente. Neste presente estudo serão consideradas somente operações que envolvem o processo de exportação. Assim levam-se em consideração as operações que envolvem descarga e estufagem realizadas nos processos operacionais de exportação.

Entretanto o planejamento vai muito além de descarga e estufagem: quando um contrato é negociado e assinado pelo cliente, a qualquer momento o mesmo demandará obviamente dos serviços. Então quando um novo processo de exportação é requisitado, o planejamento do CFS aplica sua análise e procedimentos.

Inicialmente existem dois tipos de processos: (1) que inicializa com a informação do armador sobre a numeração do *Booking*, *deadline* de documentação (*draft*<sup>7</sup>) e o *deadline* de carga; (2) quando o cliente somente agenda sua descarga no terminal sem maiores informações prévias; aqui tratados como cenário ideal e

---

<sup>6</sup> *Deadline* de carga: prazo limite para depositar os contêineres a serem embarcados (PROIMPORTS, 2016).

<sup>7</sup> *Draft*: é um instrumento usado representar demanda de pagamento (CREDIT MANAGEMENT WORLD, 2016).

cenário real, respectivamente. Esta definição justifica-se pelo modo como o processo é executado, por exemplo, no cenário ideal quando o cliente requer o agendamento da descarga no terminal já é sabido qual o *Booking*, *draft* e *deadline* de carga associados ao processo e tem-se uma estimativa de quanto tempo em média a carga permanecerá no armazém do terminal. Já no cenário real o cliente agenda a descarga sem alguma informação do armador, sendo assim, se depender do cliente, transforma-se o armazém de distribuição em estoque. Obviamente, cabe à empresa cobrar taxas de longa permanência às cargas, pois estas pretendem estimular o aumento do giro de mercadorias no armazém.

Seguindo no cenário ideal, após o recebimento do *Booking*, o agendamento da descarga e a consciência dos prazos por parte do CFS, são inicializadas mais duas etapas:

- (i) a descarga é realizada e conforme o *draft* o CFS solicita a unidade de contêiner vazia no DEPOT informado pelo armador. Se a unidade for designada, por exemplo, no DEPOT da ATM, o processo fica mais rápido dependendo somente de processos internos, podendo até haver prioridades de designação. Porém quando a unidade é designada em terminal DEPOT externo, esta etapa depende além do terminal do transporte, tornando-se mais suscetível a atrasos.
- (ii) Após a unidade coletada, analisa-se se o chamado Plano de Estufagem foi enviado pelo cliente, sendo este plano definido como o modo de garantir a utilização máxima da capacidade do contêiner, simplificar e agilizar a estufagem e desova bem como calcular previamente dispositivos de amarração necessários. Se sim, aloca-se a carga deste cliente na programação de estufagem e posiciona o contêiner no pátio para a realização da estufagem. Antes de estufar é realizada a conferência da Nota Fiscal e do lote de carga pelo conferente, após isto é colocado o lacre designado para este contêiner conforme numeração informada pelo armador, assim se o *gate* do porto já estiver aberto para este processo, o contêiner é enviado ao porto, senão o mesmo é colocado na pilha de contêiner no pátio da empresa.

A empresa estrategicamente trabalha com um tempo de segurança para garantir que a operação seja feita dentro dos prazos, estimado em dois dias antes

do *deadline* de carga, e assim, toda sua programação de estufagem e envio é baseado nesta regra para assegurar o cumprimento do serviço dentro do prazo.

No cenário real devido à falta de informação, algumas vezes o cliente envia uma pequena quantidade de carga algumas semanas antes do *deadline* de carga se encerrar e, durante a semana do *deadline* de carga, envia o restante do lote para fechar a carga de um contêiner ou do *Booking*. Como este envio ocorre muito próximo ao encerramento do *deadline*, acaba acumulando operações não planejadas para a operação do terminal portuário da ATM, sobrecarregando o processo, o qual pode ser analisado na Figura 25

Para realizar este processo de exportação, além do envolvimento da equipe responsável pelo planejamento do CFS e setor comercial, há a equipe de operação que executa efetivamente a operação programada. Atualmente opera-se em dois turnos com duas equipes em cada turno, cada equipe é composta por um conferente e dois operadores de empilhadeira, cada um com as seguintes funções:

- Conferente: como o próprio nome já diz, é responsável por conferir e controlar a carga designada ao contêiner na programação diária e indicar ao operador qual carga foi designada antes de executar a estufagem, bem como conferir as notas fiscais (se o que está no físico confere com o documento no momento da descarga);
- Operador de empilhadeira: é responsável por realizar os manuseios e manobras necessárias para qualquer operação programada à operação, tomando o devido cuidado para não avariar as cargas.

Ainda na operação há o Encarregado que é responsável pela dinâmica e organização das equipes, como também controle e manutenção de equipamentos, e o Analista Logístico (este está envolvido tanto nas atividades do planejamento quanto na operação). Logicamente, estas duas equipes por turno têm capacidade de operações viáveis a se executar, estimada pelo planejamento, conforme Tabela 3:



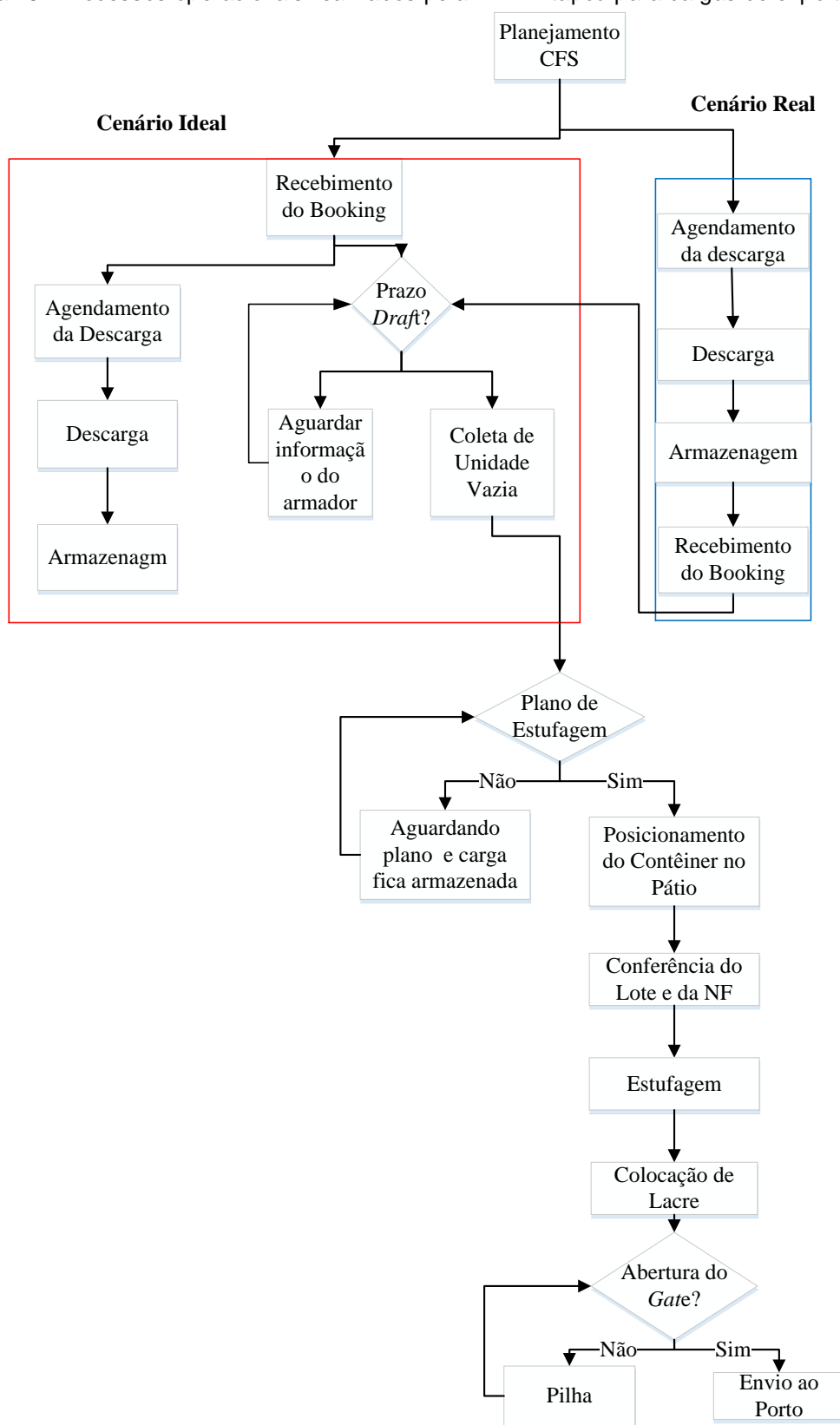
Tabela 3 - Capacidade Operacional Atual de Itapoá

<b>Turnos</b>	<b>Equipes</b>	<b># Operações/Dia</b>	<b># Dias/Mês</b>	<b># Operações/mês</b>
Turno 1	EQ1	15	22	330
	EQ2	15	22	330
Turno 2	EQ1	15	22	330
	EQ2	15	22	330
TOTAL		<b>60</b>	<b>88</b>	<b>1.320</b>

Fonte: ATM (2016)

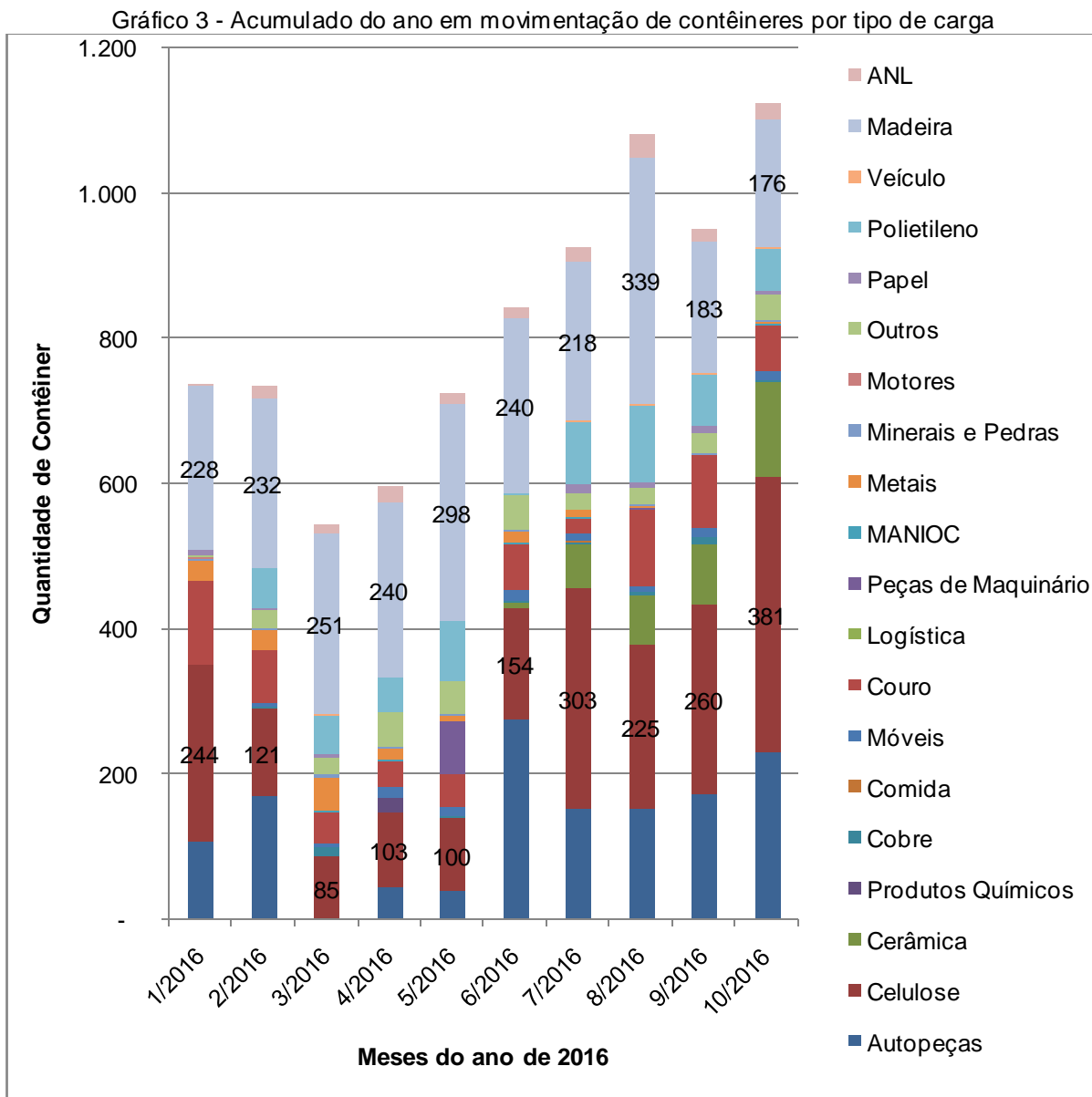
Como supracitado, há dois turnos em operação diariamente de segunda a sábado. Para o cálculo de capacidade de operações diárias cada equipe tem oito horas de trabalho diários, assim 480 minutos, porém adota-se uma estimativa de 450 minutos ativos de operações. Para cada operação é considerada uma média de 30 minutos, independente da complexidade de operação e perfil de carga. Assim, podem ser estimadas 60 operações diárias como capacidade máxima, ou 1.320 operações mensais.

Figura 25– Processos operacionais realizados pela ATM - Itapoá para cargas de exportação



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

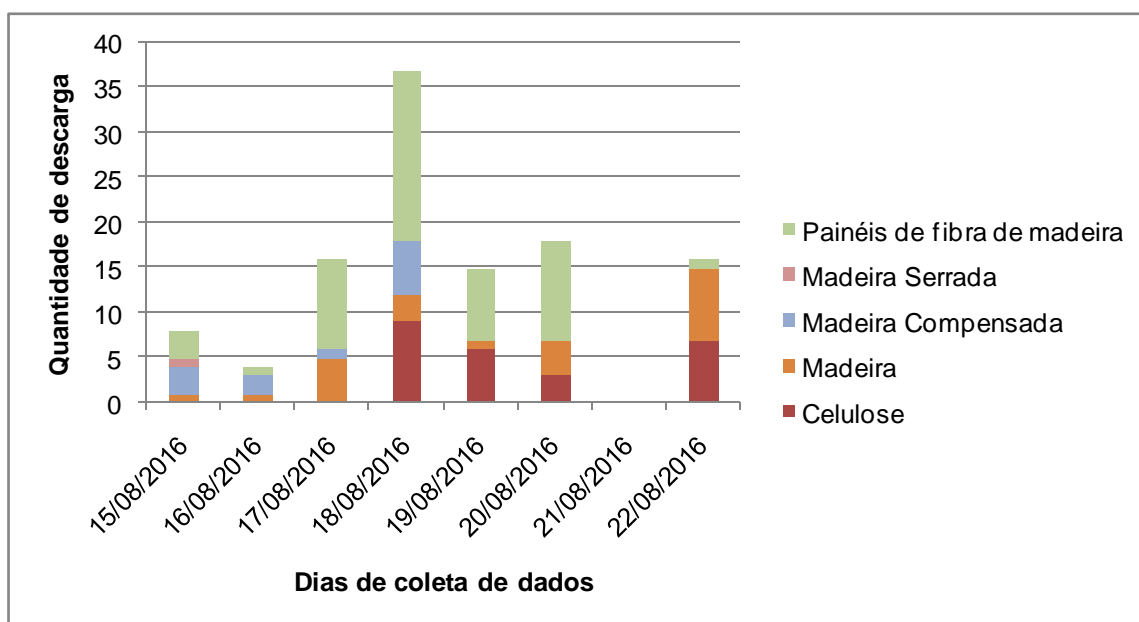
No levantamento histórico dos perfis de cargas que utilizam os serviços da empresa em estudo pode-se notar um volume considerável concentrado em dois tipos de carga, sendo elas: a madeira e a celulose, como se verifica no Gráfico 3:



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

Devido à característica física de cada mercadoria que utiliza o serviço da empresa a operação despense tempos diferentes para manipulação, seja na descarga, carga, desova ou estufagem. Estes perfis de carga que utilizam os serviços da empresa são dos mais variados, como se pode notar no Gráfico 4.

Gráfico 4- Perfil de carga operada no terminal retroportuário da ATM - Itapoá



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

Constatada a diversidade de perfis de cargas e assim de operações, propõe-se a análise mais sensível dos indicadores operacionais levando em conta os principais perfis de carga; pois a equipe operacional, dentro das suas limitações, executa as operações programadas, porém se houver um perfil de carga programada que demanda mais tempo, esta será considerada como tendo um peso igual às operações que requerem menos tempo nos indicadores atuais empregados por parte do setor de planejamento.

Para a coleta de dados operacionais a serem tratados no modelo desenvolvido, foi escolhido o mês de agosto de 2016 devido à disponibilidade dos dados. De posse dessa informação, dada a representatividade do volume de madeira e celulose na movimentação do terminal retroportuário da ATM – Itapoá, optou-se por adotar apenas tais cargas como foco de análise no modelo de simulação, uma vez que são as cargas que mais têm absorvido mão de obra e equipamentos.

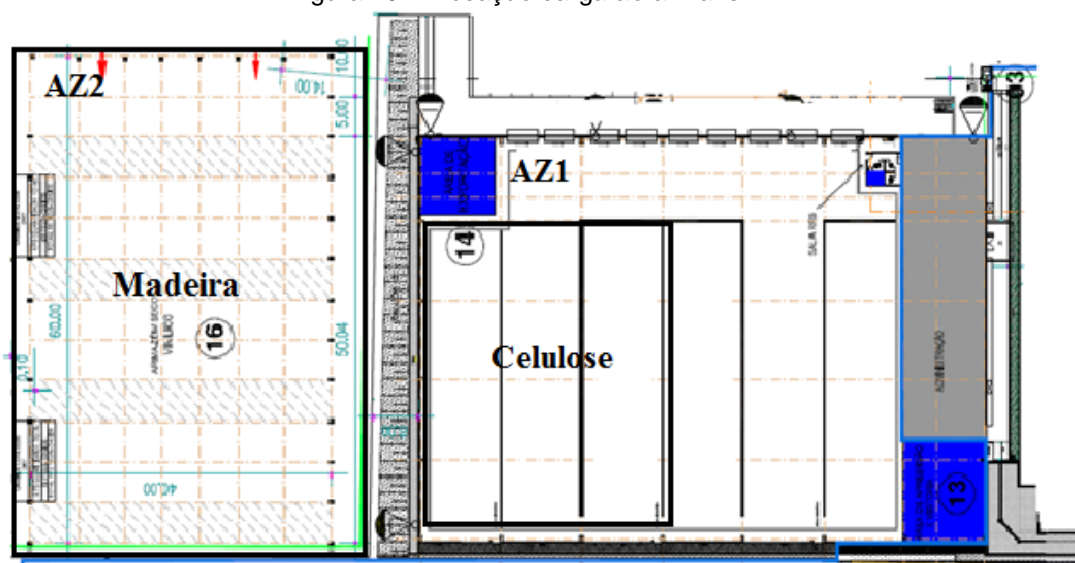
### 3.3 MÉTODO DO ESTUDO

Observa-se que os conceitos de sistema, modelo e simulação estão intimamente ligados quando se define o conceito de simulação computacional.

Foram realizados os levantamentos de informações estruturais do terminal da empresa em estudo que tem uma área total de 70 mil m<sup>2</sup>, sendo 4 mil m<sup>2</sup> divididos em dois armazéns tendo o AZ1: 3.119,76 m<sup>2</sup> e o AZ2: 2.400 m<sup>2</sup>. A operação em um terminal de contêineres depende essencialmente da utilização eficiente de mão-de-obra, espaço físico e equipamentos. Com isso o tamanho dos armazéns e área total do terminal podem ser consideradas variáveis de entrada ao modelo de simulação proposto.

Os dois tipos de perfis de carga aqui considerados (celulose e madeira) no modelo são alocados da seguinte forma:

Figura 26 - Alocação carga ao armazém



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

A madeira é totalmente alocada no AZ2 por ser um material de menor valor agregado e não haver tantas limitações quanto a exposição à chuva, por exemplo. Já a celulose não pode ser manipulada em área exposta à chuva, tem maior valor agregado assim é alocada totalmente no AZ1, quando não se trata de uma operação *crossdocking*.

### 3.3.1 Operação com o material do tipo celulose

No caso da celulose a operação é caracterizada basicamente como *crossdocking*, utilizando somente uma empilhadeira para cada descarga e estufagem, sendo que a carga não chega a ser armazenada. Realiza-se somente a descarga e já a estufa diretamente. Para este caso, a empilhadeira contém um equipamento especial, *clamps*, que facilita o manuseio da mercadoria como pode-se verificar na Figura 27 seguir:

Figura 27 - Operação Celulose



Fonte: Elaboração própria (2016)

Com esta facilidade para a operação da celulose, pode-se observar na prática em média 15 minutos para descarga.

### 3.3.2 Operação com material do tipo madeira

No caso da madeira o material é mais instável mesmo utilizando *pallets*, então demanda um pouco mais de cuidado na operação, caracterizando uma operação que despende mais tempo que a celulose, por exemplo. No momento da descarga somente uma empilhadeira é suficiente para a operação, mas na estufagem devido ao *lay-out* exigido no plano de estufagem são necessárias duas empilhadeiras.

Geralmente esta operação com madeira necessita armazenagem, pois o terminal retroportuário é utilizado estrategicamente como ponto de consolidação. Na Figura 28 ilustra-se o armazém AZ2.

Figura 28 – AZ2 operação madeira



Fonte: ATM (2016)

Para esta operação constatou-se em média que a descarga leva 15 minutos e a estufagem 30 minutos devido ao manuseio mais complicado. Então adota-se como premissa estes tempos de descarga e estufagem para inserção no modelo proposto. Com a adoção destes tempos de operações conforme o perfil de carga haverá uma alteração (se comparado à Tabela 4) nos parâmetros da capacidade operacional a ser considerada no setor de planejamento, de 50% no número de operações mensais possíveis, conforme Tabela 6:

Tabela 6 – Proposta de Capacidade Operacional em relação ao perfil de carga

<b>Turnos</b>	<b>Equipes</b>	<b># Operações/Dia</b>	<b># Dias/Mês</b>	<b># Operações/mês</b>
Turno 1	EQ1	15	22	330
	EQ2	30	22	660
Turno 2	EQ1	15	22	330
	EQ2	30	22	660
TOTAL		<b>90</b>	<b>88</b>	<b>1.980</b>

Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

Nota-se com esta nova consideração de tempo de operação conforme o perfil de carga e o *crossdocking* há um aumento na capacidade operacional, considerando o tempo de operação disponível (450 min) e recursos (empilhadeiras). Com tais dados pretende-se analisar o comportamento destas operações no modelo de simulação.

### 3.3.3 Capacidade estática

Após o levantamento das informações estruturais dos armazéns, foi adotado para cada armazém um tipo de carga para o *pallet* a ser utilizado, conforme o tipo de carga manipulada. Para o AZ2 foi adotado a carga de madeira com as seguintes dimensões:

- Altura: 0,94 m
- Largura: 1,22 metros
- Comprimento: 2,44 metros
- Área: 2,97 m<sup>2</sup>
- Volume: 2,67 m<sup>3</sup>

Para este armazém são empilhados cinco *pallets* então a altura de empilhamento é de 4,7 metros. Adotando a equação 1 (apresentada previamente), tem-se como peso 1,312 tonelada por *pallet*, e assim, o fator de estiva será de:

$$\text{Fator de estiva} = \frac{2,67}{1,312} = 2,04 \text{ m}^3/\text{t}$$

No AZ2 há 1.380 m<sup>2</sup> de área útil, então a Capacidade Estática será de:

$$\text{Capacidade Estática} = \frac{1.380 \times 4,7}{2,04} = 3.179,41 \text{ toneladas}$$

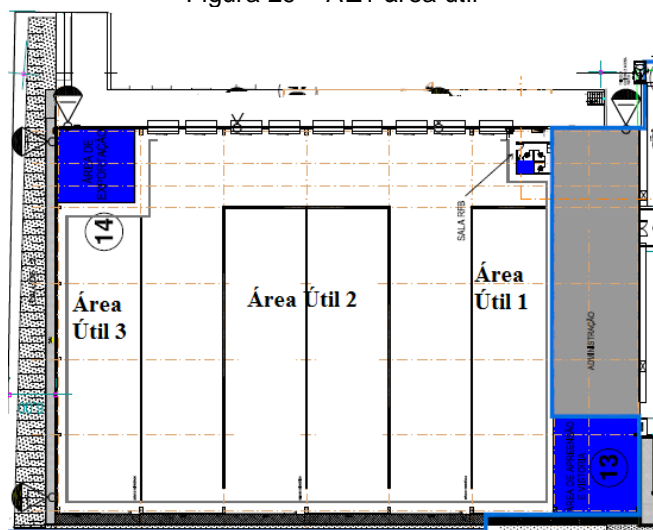
Considerando o peso de cada *pallet* há a aproximadamente 2.423 *pallets*. Realizando a mesma análise de capacidade estática ao AZ1 foi adotado o *pallet* com carga de polietileno (uma vez que a celulose não utiliza armazenagem). As dimensões desta carga são as seguintes:

- Altura: 1,8 m
- Comprimento: 1,27 m
- Largura: 1,14 m
- Peso por *pallet*: 1,375 toneladas



O *pallet* de polietileno não se empilha devido sua fragilidade e tem como volume 1,44 m<sup>3</sup>. O AZ1 é dividido em três partes, com área útil na primeira e segunda parte de 457,2 m<sup>2</sup>, 711,2 m<sup>2</sup>, respectivamente, conforme demonstrado na Figura 29:

Figura 29 – AZ1 área útil



Fonte: ATM (2016)

A área útil 3 não é levada em consideração, pois se for utilizada será pela carga de celulose, considerada em nosso modelo sem armazenagem. Assim como posteriormente calcula-se o fator de estiva do AZ2 sendo:

$$\text{Fator de estiva} = \frac{1,44}{1,375} = 1,047 \text{ m}^3/\text{ton}$$

E a capacidade estática como:

$$\text{Capacidade estática} = \frac{1168,4 \times 1,8}{1,047} = 2.008,71 \text{ toneladas}$$

Ou seja, 1.460,88 *pallets*.

Como a operação em um terminal de contêiner apresenta muitas interdependências entre os processos e a utilização de recurso (empilhadeira) é muito disputada por esses mesmos processos, fica praticamente inviável saber qual a capacidade máxima de operações do terminal sem usar ferramentas que simulem suas operações de forma adequada. Assim, neste trabalho é utilizado o software de simulação, Anylogic®, onde foi desenvolvido um modelo que representa os

processos operacionais para cargas de exportação atualmente empregadas no terminal da ATM - Itapoá.

### 3.3.4 Análise estatística

Segundo Andrade (2015), um dos tópicos da Pesquisa Operacional com muitas e variadas aplicações no campo da administração de empresa é a Teoria das Filas. Um dos sintomas mais freqüentes de funcionamento deficiente de um sistema é o congestionamento de clientes.

São diversos os fatores que condicionam a operação de um sistema, ou seja, pode interferir tanto que o desempenho do sistema passa a ser função deles. A categoria considerada para os fatores de entrar do sistema modelado é:

- Modo de chegada: as chegadas dos clientes ocorrem, em sua maioria, quem tem interesse para a administração, de modo aleatório, ou seja, o número de clientes que chegam por unidade de tempo varia dependendo do caso. Assim, torna-se importante realizar um levantamento estatístico com finalidade de descobrir se o processo de chegadas por ser caracterizado por uma distribuição de probabilidade. A caracterização só pode ser realizada se o processo de chegadas tem necessariamente que estar no chamado “estado estacionário”, ou seja, que a distribuição de probabilidade que identifica o processo de hoje será o de amanhã. Caso contrário, quando a caracterização do evento varia com o tempo diz-se que o sistema é em estado “não estacionário” ou “transitório”;

Considerando esta teoria foi realizada a coleta de dados do intervalo entre chegadas das descargas, uma etapa indispensável é o teste de aderência dos mesmos. Esta etapa tem como objetivo verificara qualidade na escolha da distribuição que melhor represente os dados da população.

Para este estudo foi utilizado um dos módulos do software ARENA®, segundo Hillier (2010), o *Input Analyzer*, para verificar se os dados seguem determinado padrão. Os resultados destes testes são mostrados na função do chamado p-value, cujo valor entre 0 e 1 demonstra a probabilidade do erro cometido caso se rejeite a

hipótese de que a distribuição adere os dados da amostra. Quanto maior o p-value, melhor a aderência. A regra básica é que estes valores devem ser maiores que 0.10, no mínimo.

Na coleta dados das descargas na operação de celulose e madeira, foi contabilizado o intervalo entre chegadas em minutos no momento que o caminhão dá entrada no terminal. Após a análise dos dados na ferramenta, obtêm-se a seguinte distribuição para o processo.

Figura 30 - Distribuição

Sumário da Distribuição	
Distribuição:	Beta
Expressão:	$-0.001 + 329 * \text{BETA}(0.251, 2.36)$
Erro quadrático:	0.003383
Test do Chi-Quadrado	
Número de intervalos	= 8
Graus de liberdade	= 5
Teste Estatístico	= 11.3
P-value correspondente	= 0.0469
Teste de Kolmogorov-Smirnov	
Teste Estatístico	= 0.183
P-value correspondente	< 0.01
Sumário dos Dados	
Número de Pontos de Dados	= 341
Valor Min nos Dados	= 0
Valor Max nos Dados	= 329
Média da Amostra	= 31.6
Desvio Padrão da Amostra	= 51

Fonte: software ARENA® (2016)

Na Figura 30 apresenta-se qual distribuição os dados aderem para o processo operacional da celulose, e também o erro quadrático<sup>8</sup>. Quanto menor este valor mais a distribuição teórica adere aos dados da amostra.

O programa também utiliza dois tipos de testes de estatísticas, sendo eles o x quadrado e o teste de Kolmogorov - Smirnov (KS). Os resultados destes testes são ilustrados na função p-value. Percebe-se que no processo da celulose o teste do x quadrado deu abaixo do erro mínimo de 10%, e no teste de KS o erro deu menor do

<sup>8</sup>*Erro Quadrático*: é a média entre os erros de cada faixa do histograma. Trata-se do quadrado das diferenças entre as frequências relativas das observações da faixa e a frequência relativa da função de distribuição no intervalo da faixa (HILLIER, 2010).

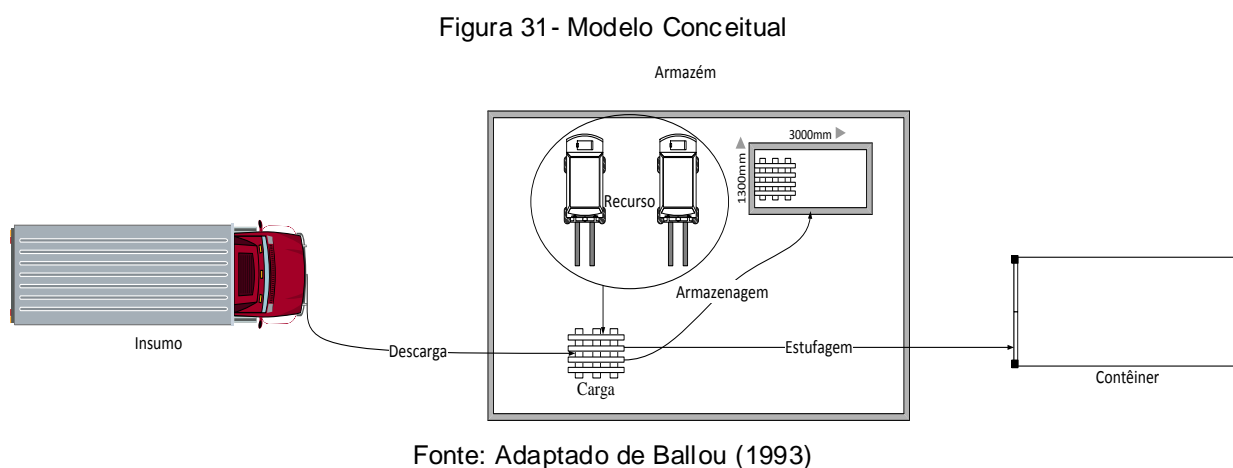
aceitável também, então devido a disponibilidade dos dados adota-se neste trabalho a distribuição de Beta, para os dados analisados.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada a elaboração do modelo, como critérios e premissas, como também os resultados das análises dos cenários propostos.

### 4.1 ELABORAÇÃO DO MODELO

O sistema analisado neste estudo foi o armazém e as operações executadas no mesmo. Assim considerando seus insumos, recursos e operações elaborou-se o modelo, como representado na Figura 31 a seguir.



O “intervalo entre chegadas dos caminhões” no armazém são considerados no modelo como sendo os dados de entradas. Dentro do armazém há como recurso as “equipes” que executam as operações tanto de armazenagem quanto estufagem, obtendo como saídas do modelo “o número de decargas e pallets estufados, taxa de utilização das equipes, número de caminhões que ficaram no sistema e *pallets* que não foram estufados”. Assim as condições de contorno consideradas são apresentadas resumidamente no Quadro 8 a seguir:

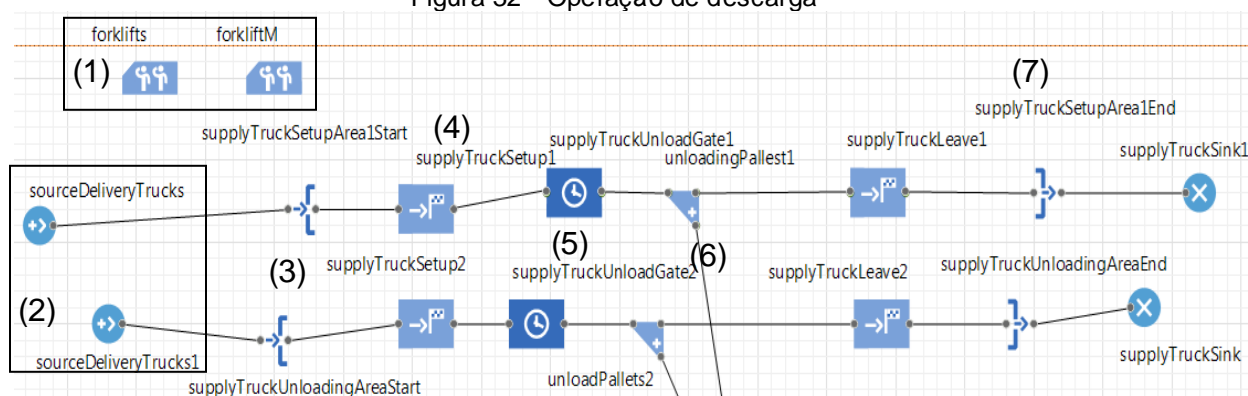
Quadro 8 - Condições de contorno

Dados de Entrada	Distribuição Beta, com limite mínimo (p) sendo 0,233; limite máximo 2,39; valor mínimo é 1 e máximo 329.
Saídas do modelo	Número de descargas; <i>Pallets</i> estufados; Taxa de utilização das equipes e elementos dentro do sistema.
Hipóteses simplificativas	Considerada duas operações: celulose e madeira.

Fonte: Elaboração própria (2016)

Para elaborar o modelo foram definidas duas equipes, cada qual constituída por duas empilhadeiras utilizado o elemento (1) *Resource* para representar as equipes no modelo chamado como *forklifts* e *forkliftM*, alocado ao AZ1 a operação de celulose e o AZ2 para a operação de madeira. O princípio do modelo que representa a descarga está exposto na a seguir:

Figura 32 - Operação de descarga

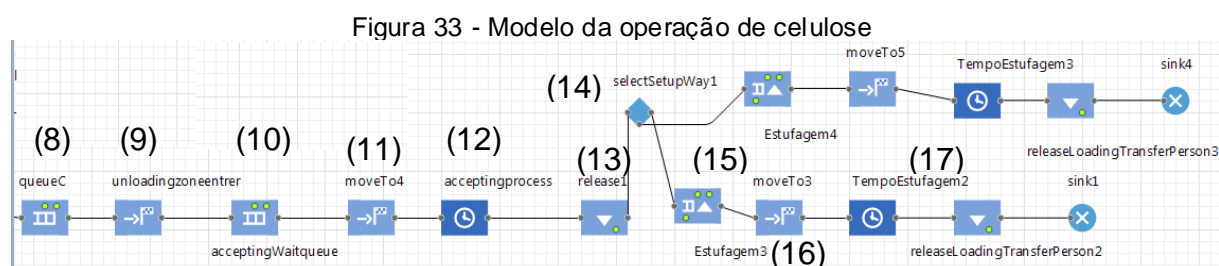


Fonte: Elaboração própria (2016)

O fluxograma do modelo inicia-se com a chegada dos caminhões para descarga utiliza-se o elemento (2) *source* no *software*, assim neste elemento foi definido o modo como será o intervalo entre chegadas dos caminhões para

descarga (como já justificada, foi adotada a distribuição Beta com seus parâmetros). Também é definido o caminho que o caminhão percorrerá e sua velocidade. Após a entrada do caminhão háo elemento chamado (3) *RestrictedAreaStart* que é utilizado para limitar a entrada de somente um caminhão por vez. Definido quanto o sistema suporta de caminhão por vez utiliza-se o elemento (4) *Moveto* chamado no modelo de *supplyTruckSetup* para orientar onde o caminhão irá parar; o elemento (5) *Delay* chamado de *supplyTruckUnloadingGate* é utilizado para determinar quanto tempo cada descarga leva. No caso da celulose adotou-se uma distribuição Uniforme com tempo de mínimo de dez minutos e máximo de quinze minutos, já para a madeira adotou-se a mesma distribuição com limite mínimo de vinte minutos e máxima de trinta. Depois de descarregado têm-se duas saídas, a do caminhão vazio e dos *pallets* e, utiliza-se então o elemento (6) *Split*. Nele, define-se quantos *pallets* por caminhão será depositado no armazém. Para este modelo considerou-se que cada caminhão descarrega dez *pallets* por vez. Após a decarga, o caminhão move-se para a saída do sistema, *supplyTruckLeave* e *supplyTruckSink* (7), e o *pallet* entra na fila de entrada do armazém.

O elemento *Queue* (8) chamado *queueC* representa onde os *pallets* serão depositados caso ocorra fila nas operações. Os elementos subseqüentes executam *MoveTo* nomeado *unloadingzoneenter* (9), *Queue – acceptingWaitqueue*(10), *MoveTo – moveTo4* (11) e *Delay – acceptingprocess* (12) executam o momento que os *pallets* são aceitos de uma área para outra que a partir deste momento as empilhadeiras irão manipular os *pallets*. Assim utiliza-se o elemento *Release* (13) nomeado *release1*, para liberar os *pallets* para serem operados, aplica-se então o elemento *SelectOutPut* nomeado *selectSetupWay1* (14) para dividir a probabilidade que cada equipe manipule determinada carga. Assim, foi determinado que a chance de cada equipe fazer a operação tanto de celulose quanto de madeira é de 50%, para não haver tendências, como apresentado na Figura 33 a seguir.

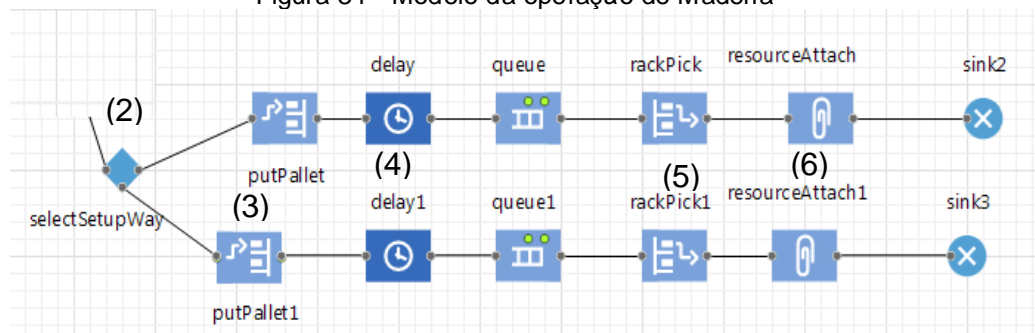


Fonte: Elaboração própria (2016)

No processo da celulose, determinado como *crossdocking*, após a chance de 50% de cada equipe operar o *pallet* descarregado, utiliza-se o elemento *Seize* (15) para reservar as equipes que vão operar os *pallets*. Cada linha do modelo representa uma equipe. Assim a empilhadeira designada move-se até a doca de estufagem utilizando o elemento *MoveTo* (16), realiza a estufagem através do elemento *Delay* (17) nomeado *TempoEstufagem3* definido para a celulose como uma distribuição uniforme com parâmetros de valor mínimo 15 minutos e máximo de 16 minutos.

Já para a operação da madeira após o *pallet* ser depositado no armazém ele entra na chamada *unloadingQueue* (1) que define o local onde será depositado o *pallet* caso haja fila. Após entrar na área onde as equipes tem acesso utiliza-se para a operação da celulose o elemento *SelectOutput* (2) nomeado *selectSetupWay* definindo a probabilidade de 50% de cada equipe realizar esta operação. Na sequência, tem-se o elemento *RackStore* (3) nomeado *putPallet*. Neste, define-se qual equipe irá pegar os *pallets* e armazenar, após isso tem-se o elemento *Delay* (4) onde é estipulado o tempo de operação da madeira. Neste modelo considerou-se a Distribuição Triangular com média de operação de 30 minutos. Depois de armazenados todos os *pallets* de uma descarga, começam a ser retirados os *pallets* do armazém para estufagem através do elemento nomeado *RackPick* (5). Neste, determina-se onde serão depositados os *pallets* retirados do armazém e qual equipe irá realizar isto. Assim após o *pallet* ter sido retirado do armazém utiliza-se o elemento *ResourAttach* (6) para anexar o *pallet* ao contêiner e depois sair do sistema. A Figura 34 demonstra a operação da Madeira.

Figura 34 - Modelo da operação de Madeira

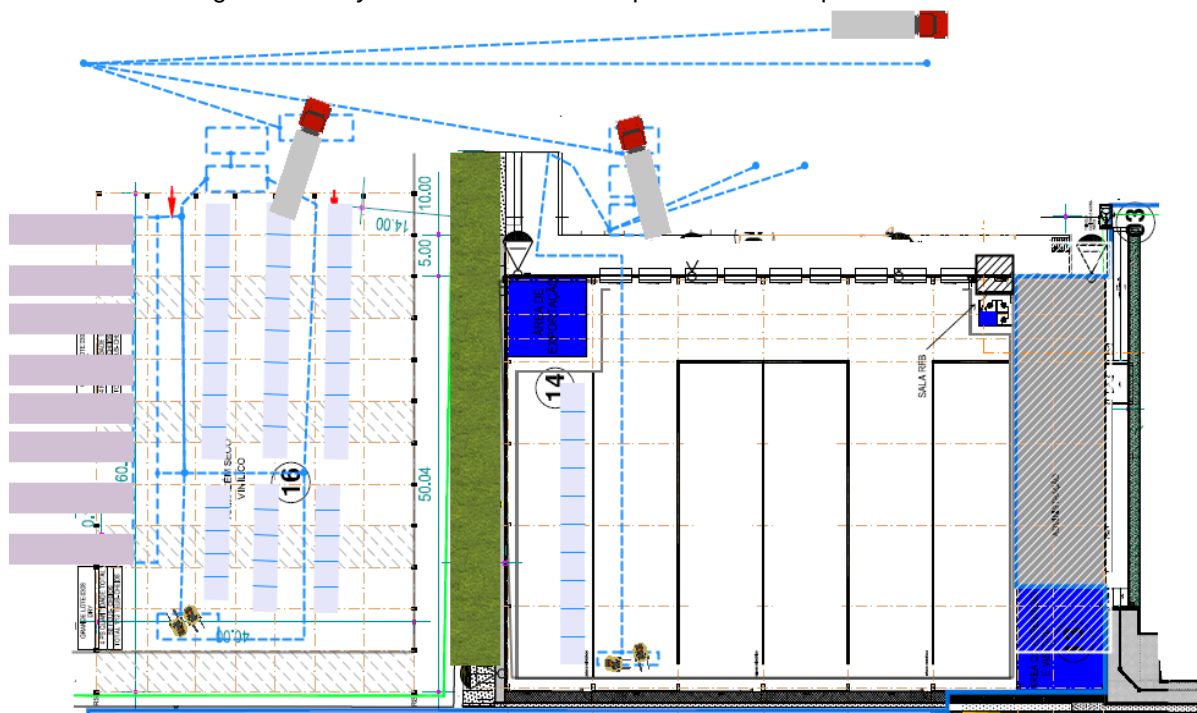


Fonte: Elaboração própria (2016)



Após a elaboração da lógica de funcionamento do sistema, definiu-se a parte estrutural do terminal retroportuário, com suas áreas úteis e recursos, conforme Figura 35:

Figura 35 - Lay-out do armazém retroportuário da empresa em estudo

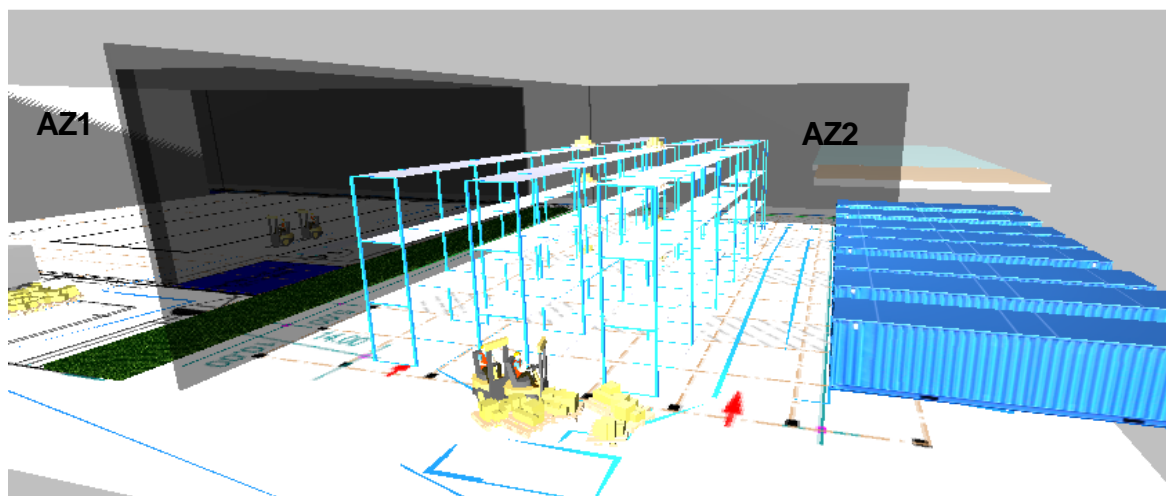


Fonte: Elaboração própria (2016)

Na Figura 36, tem se uma perspectiva 3D do sistema modelado, sendo mais a esquerda o AZ1 e ao centro o AZ2.

Figura 36 - Perspectiva 3D do modelo

Armazém Retroporto



Fonte: elaboração própria (2016)

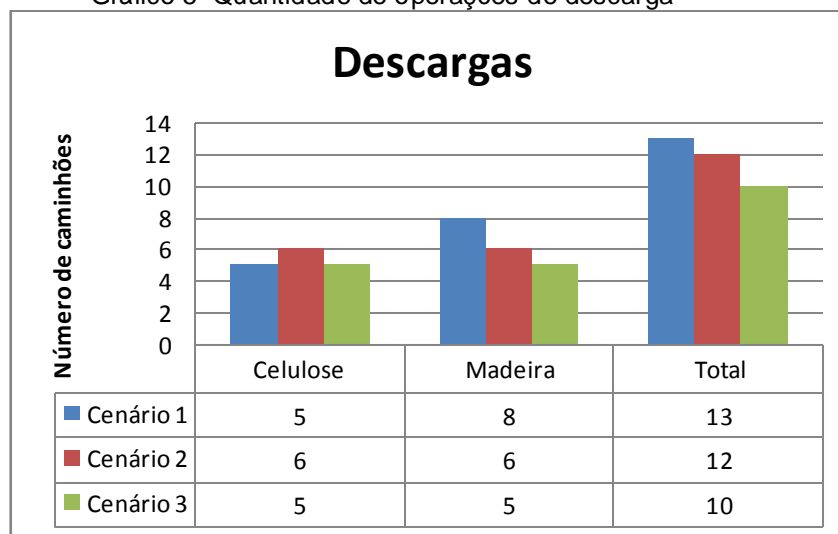
## 4.2 RESULTADOS

Tendo o modelo devidamente elaborado, foi simulada a atual situação operante na empresa (Cenário 1) e mais outros dois cenários (Cenários 2 e 3):

- a) Cenário 1: representação situação atual para servir como referência para comparação dos outros cenários;
- b) Cenário 2: Adiciona uma empilhadeira em uma equipe;
- c) Cenário 3: Adiciona uma empilhadeira em ambas as equipes.

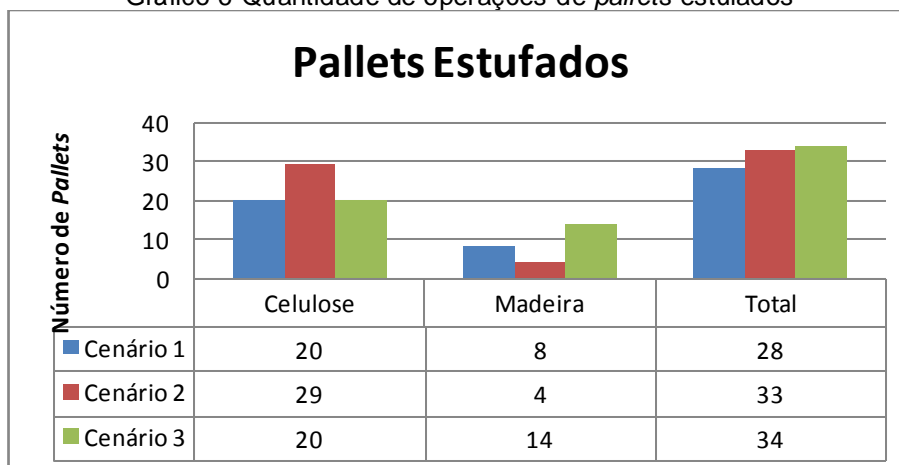
Com estes cenários pré-estabelecidos foram executadas cinco horas de simulação de operação, devido a limitações computacionais. Após a execução do modelo em relação às descargas nos três cenários, observa-se que a capacidade de operação na descarga obteve um maior número de operações no Cenário 1 (duas equipes, cada uma sendo composta por duas empilhadeiras). Como é apresentada no Gráfico 5 a seguir.

Gráfico 5–Quantidade de operações de descarga



Fonte: Elaboração própria (2016)

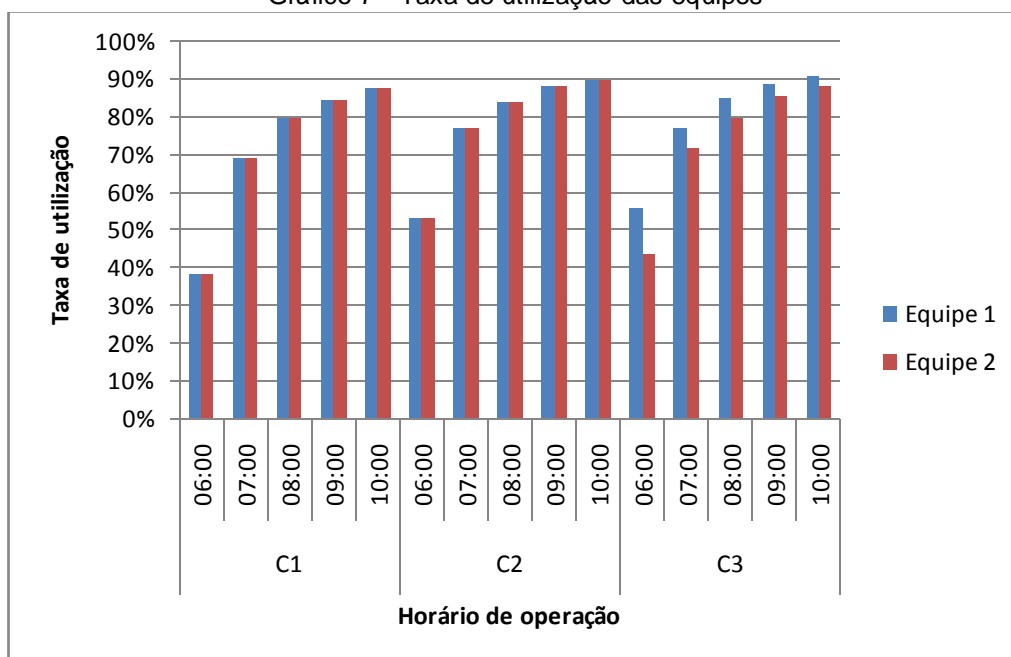
Já analisando as operações de estufagens, obteve-se o maior número de operações no Cenário 3, com o total de 34 estufagens, como apresentado no Gráfico 6 a seguir.

Gráfico 6-Quantidade de operações de *pallets* estufados

Fonte: Elaboração própria (2016)

Analisando a taxa de utilização de cada equipe, tem-se no cenário 1 uma média de utilização de 72% da Equipe 1 e Equipe 2, No cenário 2 tem-se uma média de utilização 79% de utilização da Equipe 1 e 78% da Equipe 2 e, no cenário 3 a média da taxa de utilização da Equipe 1 é de 79% e da Equipe 2 de 74%. Neste modelo elaborado não há taxa de ociosidade das equipes, obtendo o valor zero.

Gráfico 7 - Taxa de utilização das equipes

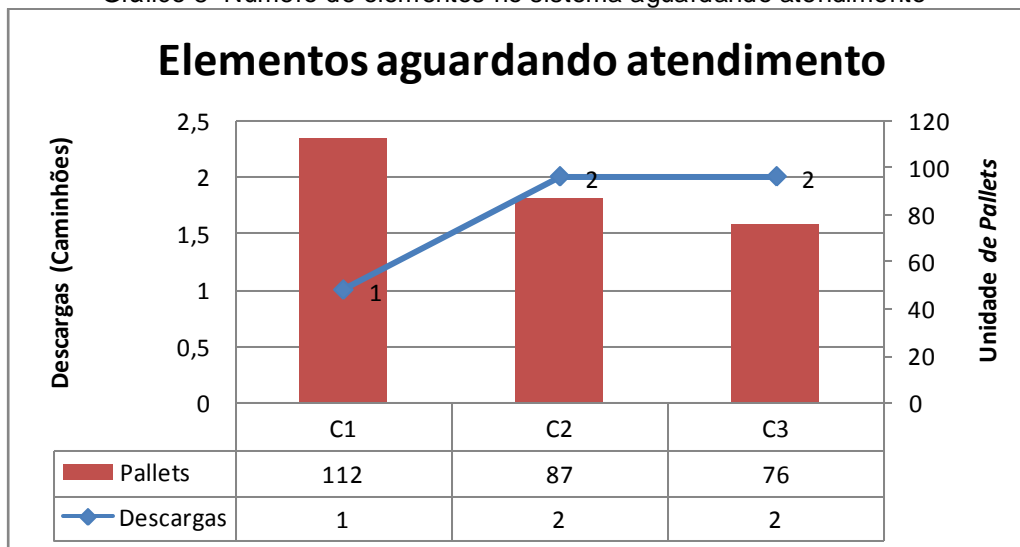


Fonte: Elaboração própria (2016)

O fato de não haver equipe ociosa mesmo aumentado sua composição, mantendo seu intervalo entre chegadas de descargas e aumentando o número de operações pode ser uma justificativa de uma tomada de decisão de aumento das equipes por parte da empresa.

Outra análise realizada foi sobre quantos caminhões e *pallets* permaneceriam dentro do sistema quando terminada a simulação. Isso representa na operação prática do terminal, a quantidade de clientes que permanecem dentro do sistema aguardando atendimento.

Gráfico 8–Número de elementos no sistema aguardando atendimento

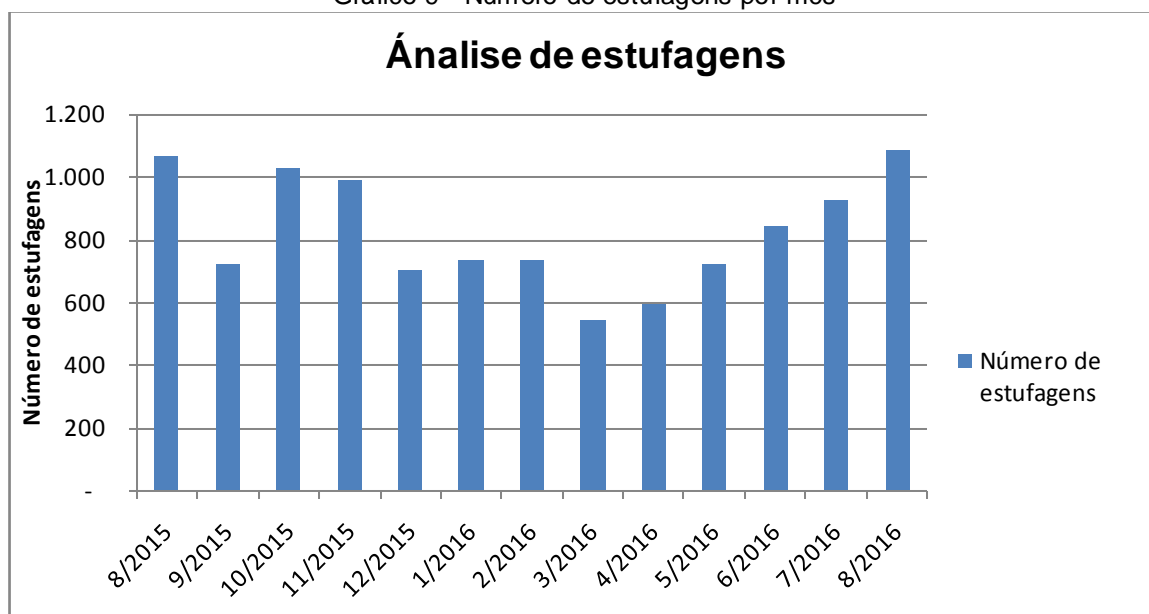


Fonte: elaboração própria (2016)

No caso do cenário 1 permaneceram 112 *pallets* para serem operados em outro turno ou em outro dia e um caminhão aguarda o atendimento para descarga. No cenário dois tem-se 87 *pallets* aguardando atendimento para estufagem e dois caminhões aguardando a operação de descarga, já no cenário três obtem-se 76 *pallets* no aguardo da estufagem e dois caminhões no aguardo da operação de descarga. Quando menos cliente aguardando para atendimento melhor para o sistema e assim, dentre os três cenários, em relação a número de *pallets* e descargas, pode ser considerado o melhor cenário como sendo o 3, pois assim somente 76 *pallets* ficarão no aguardo e dois caminhões para descarga.

Para justificar tomadas de decisões foi realizado um histórico de estufagens realizadas no armazém, como demonstrado no Gráfico 9.

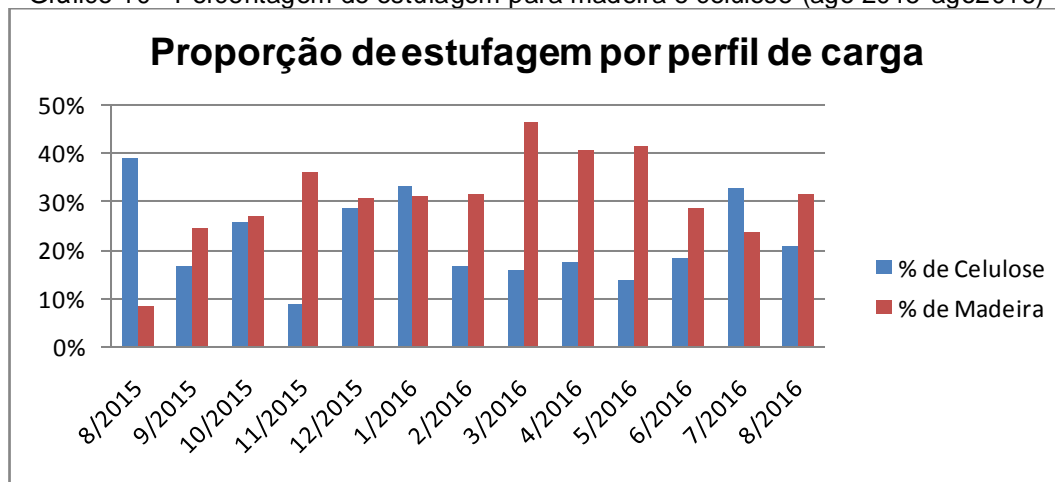
Gráfico 9 - Número de estufagens por mês



Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

Do total estufado, a representatividade das operações para madeira e celulose é apresentada no Gráfico 10.

Gráfico 10 - Percentagem de estufagem para madeira e celulose (ago 2015-ago2016)

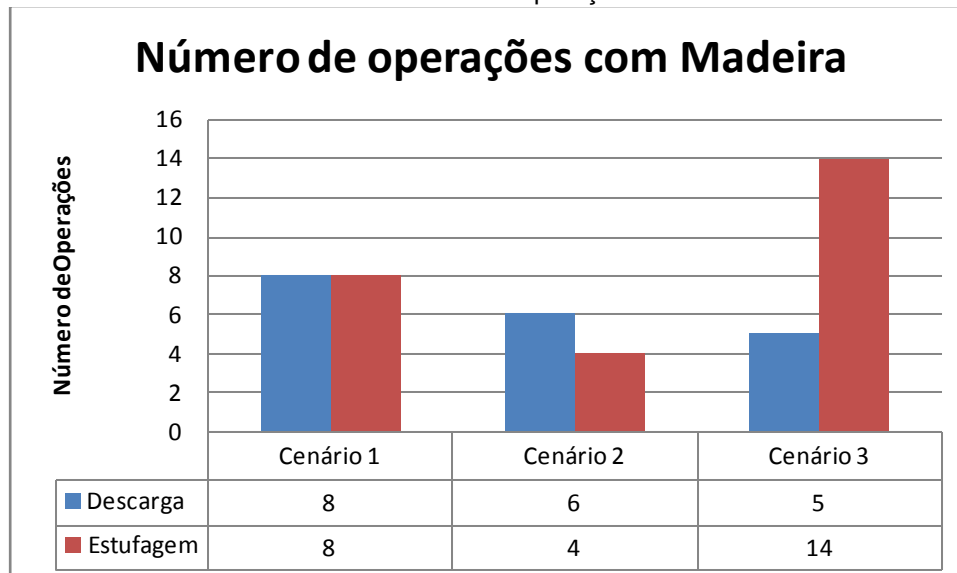


Fonte: Adaptado de dados da ATM (2016)

Nota-se que no período analisado há uma movimentação maior de madeira, 31% contra 22% de estufagens de celulose. Considerando a demanda da madeira e celulose de tais cargas neste período, o cenário que pode ser adotado dependendo da estratégia de atendimento ao cliente da operação da madeira e em referência ao cenário base, considerando o número total de operações é o três porque tem um

aumento de 19% na capacidade operacional, já que a capacidade operacional considerando o cenário dois cai 37%.

Gráfico 11 – Número de operações com Madeira



Fonte: Elaboração própria (2016)

Há alguns perfis que demandam elevado tempo operacional de manipulação e pode ser estrategicamente vantajoso ao terminal retroportuário terceirizar a realização da operação, assim não prejudicando operacionalmente sua equipe como também atendendo à demanda de seu cliente, garantindo um bom nível de serviço.

Dependendo da estratégia adotada pela empresa, um destes três cenários pode ser levado em consideração para a tomada de decisão de contratar ou não mais recursos. Uma análise contínua de potenciais perfis de cargas a se operar e definição de frequência de operação, devem ser realizadas por parte do setor planejamento do terminal retroportuário. Este deve alinhar suas estratégias tanto com o setor operacional quanto com o setor comercial para estimar perfis de cargas aceitáveis regularmente, bem como os perfis que deverão ser aceitáveis esporadicamente, para não prejudicarem a produtividade operacional do terminal retroportuário.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi realizado através de duas frentes de pesquisa, sendo elas: uma teórica e outra computacional. Em relação a frente teórica, na área de terminal retroportuário não há muito material científico aplicável diretamente a este estudo. E sua maioria eram teorias relacionadas ao armazém clássico das indústrias ou no segmento da área portuária. Para a análise da operação em um terminal portuário, levou-se em consideração referências bibliográficas internacionais e nacionais, mas mesmo assim, foram necessárias adaptações para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. Quanto à frente computacional, encontrou-se com um pouco mais de facilidade materiais referentes ao modelo de simulação de eventos discretos.

No que se diz respeito ao software Anylogic®, por ser um *software* relativamente recente não há diversidade de manuais para facilitar o aprendizado, o que exigiu um grande esforço para a elaboração do modelo e suas análises. Anteriormente a elaboração do modelo aqui proposto foi realizada uma análise sobre os perfis de cargas de maior volume movimentado pela empresa em estudo, porém, optando-se por tratar apenas os 2 mais expressivos, madeira e celulose, para fins de simplificação da análise.

Quanto aos resultados obtidos com a simulação pode-se assumir satisfatórios, pois auxiliam na tomada de decisão de uma empresa. Dependendo da disponibilidade de seus recursos e disposição à investimentos, a empresa poderá optar pelo cenário que melhor se adeque às suas necessidades.

Assim, através da elaboração deste trabalho de simulação, retoma-se a importância de um planejamento bem elaborado por parte de empresas, que devem considerar as peculiaridades dos produtos que operam bem como a infraestrutura disponível, a fim de eliminar cenários caóticos que podem colocá-las em situações de riscos operacionais e financeiros.



## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma variedade de assuntos associados ao tema deste trabalho não foi abordada no decorrer do trabalho, existindo assim oportunidades para a continuidade do mesmo:

- Repetir o estudo após um melhor acompanhamento dos dados do sistema e calibração dos mesmos;
- Efetuar o estudo em outros segmentos de serviços retroportuários no Brasil a fim de compará-los;

A aplicação do modelo em outros segmentos de serviços retroportuários no Brasil tem como objetivo observar se há padrões de atuação semelhantes, servindo como uma ferramenta de *benchmarking* entre os terminais.

O modelo pode ser elaborado aplicando outros *softwares* de simulação, para assim encontrar possíveis melhorias do sistema bem como integrar as equipes dinamicamente sem limitar sua área de atuação. Com as implementações das recomendações apresentadas neste item espera-se obter uma maior compreensão sobre a dinâmica de atividades desenvolvidas em um processo de operação retroportuário, gerando maior consciência por parte de analistas e planejadores sobre a importância da análise do perfil de carga de suas operações no intuito de melhorar a capacidade operacional e, conseqüentemente, o resultado econômico das empresas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. **ANTAQ**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/anuario/>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

AGÊNCIA SENADO. **Brasil será castigado se não investir mais em logística e transporte**, adverte Renan.

Disponível: <<http://www.informativodosportos.com.br/brasil-sera-castigado-se-nao-investir-mais-em-logistica-e-transporte-adverte-renan/>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

ALIANÇA TRANSPORTE MULTIMODAL. **Sejam bem-vindo à ATM Transporte Multimodal**. Disponível em: <<http://www.atmmodal.com.br/>>. Acesso em: 29 out. 2016.

ALIANÇA TRANSPORTE MULTIMODAL. **Histórico Faturamento**. Itapoá: 2016.

Disponível em: Material Confidencial. Acesso em: 04 out. 2016.

ANDRADE, E. L. **Introdução a Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ARANHA, M. L. A; MARTINS, M. H.P. **Filosofando: introdução à filosofia**. 4.ed. São Paulo: Modernas, 2009.

AXELROD, R. ***The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration***. Princeton University Press: Princeton, NJ, 1997.

BALLOU, R.H. **Logística Empresarial: Transportes administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANKS, J. CARSON II, J. S. NELSON, B. L. NICOL, D.M. **Discrete-event system simulation**. 4th edition, New Jersey: Prentice Hall, 2004. Disponível em: <[https://cs313pnu.files.wordpress.com/2014/02/discreteevent\\_system\\_simulation\\_by\\_jerry\\_banks.pdf](https://cs313pnu.files.wordpress.com/2014/02/discreteevent_system_simulation_by_jerry_banks.pdf)>. Acesso em: 25 de out. 2016.

BERGUE, L. **Análise das potencialidades do uso da ferramenta de simulação computacional em operações logísticas**: estudo de caso em um armazém geral. 2000.28 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia

de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2000.

BODIN, L. and Levy, L. **Visualization in Vehicle Routing and Scheduling problems**. *Journal on Computing, Philadelphia*, v. 6, n.3, p.261-269, 1994.

BORSHCHEV, A; Filippov, A. **From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools**. Paper presented at the 22nd International Conference of the System Dynamics Society, Oxford, 2004.

CAIXOTE, D. **Porto de Santos sobe em ranking mundial e chega a 41ª posição**. Santos, 2016. Disponível em: <<http://www.brasilcomex.net/integra.asp?cd=3574>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

CASSEL, R. A. **Desenvolvimento de uma abordagem para a divulgação da simulação no setor calçadista gaúcho**. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: Programa Pós-Graduação em Engenharia de Produção/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

CECILIANO, W. **Aplicação de um método de simulação-otimização na cadeia produtiva de minérios de ferro**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação de Engenharia de Sistemas Logística da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

COSTA, G. **ATM oferece operação logística competitiva e com qualidade**. Anuário Informativo dos Portos. Itajaí, SC, n. 15, p. 90-91, 2016.

CRANIC, T.G.; KIM, K.H. **Intermodal Transportation**. In: BARNHART, C. LAPORTE, G. **Transportation: Handbooks in Operations Research and Management Scienc.** Montreal: North-holland, 2007. p. 467-537. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=DHM7U\\_dE4gC&oi=fnd&pg=PA467&ots=7RrjJpJy9P&sig=ZbtyFKiUHsMc8Z6u4ETaDN4SS2w#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=DHM7U_dE4gC&oi=fnd&pg=PA467&ots=7RrjJpJy9P&sig=ZbtyFKiUHsMc8Z6u4ETaDN4SS2w#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 02 maio 2016.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**. Ed. dos Autores: São Paulo, 2006.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO S/A- EBC. **ANTAQ prevê um recorde de movimentação portuário será batido novamente em 2016**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-02/antaq-preve-que-recorde->

de-movimentacao-portuaria-sera-batido-novamente-em>. Acesso em: 20 de ab. de 2016.

ESTATÍSTICAS. **Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de uso Público (ABRATEC).**

Disponível em:<<http://www.abraterminais.org.br/estatisticas>>. Acesso em: 29 maio 2016.

GLITZ, FREDERICO E. Z. **Transferência do risco contratual e incoterms**: breve análise de sua aplicação pela jurisprudência brasileira. Lisboa, 2013. Disponível em: <[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37283445/GLITZ\\_\\_Transferencia\\_do\\_risco\\_e\\_Incoterms\\_\\_RIDB.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1477745697&Signature=4QYMvl8byA8JuzF6zU%2FzL8rvofM%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DTRANSFERENCIA\\_DO\\_RISCO\\_CONTRATUAL\\_E\\_INCO.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37283445/GLITZ__Transferencia_do_risco_e_Incoterms__RIDB.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1477745697&Signature=4QYMvl8byA8JuzF6zU%2FzL8rvofM%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DTRANSFERENCIA_DO_RISCO_CONTRATUAL_E_INCO.pdf)> . Acesso em: 29 out.2016.

GULDOGAN, E. U. **Port Operations and Container Terminal Management**. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller GmbH&Co. KG, 2011.

HALE, B. **Logistics Perspectives for the New Millennium**. Journal of Business Logistics, Lombard, v.20, n.1, p.5-8, 1999.

HAMBURG SÜD. **Exportação Detention**: Freetime e Tarifas. Disponível em: <[http://www.hamburgsudline.com/hsdg/de/hsdg/regionalinformation/southamerica/brazil/surcharges\\_7/detention/detention\\_1.jsp](http://www.hamburgsudline.com/hsdg/de/hsdg/regionalinformation/southamerica/brazil/surcharges_7/detention/detention_1.jsp)>. Acesso em: 24 out. 2016.

HAMBURG SÜD. **Importação Demurrage**: Freetime e Tarifas. Disponível em: <[http://www.hamburgsudline.com/hsdg/en/hsdg/regionalinformation/southamerica/brazil/surcharges\\_7/demurrage\\_1/demurrage\\_1.jsp](http://www.hamburgsudline.com/hsdg/en/hsdg/regionalinformation/southamerica/brazil/surcharges_7/demurrage_1/demurrage_1.jsp)>. Acesso em: 24 out.2016.

HARREL, C. R., MOTT, J. R. A., BATEMAN, R. E., BOWDEN, R. G., GOGG, Thomas J. **Simulação**: Otimizando Sistemas. Imam: São Paulo, 2002.

HARRISON, J. Richard; LIN, Zhiang; CARROLL, Glenn R.; CARLEY, Kathleen M. **Simulation modeling in organizational and management research**. Academy of Management Review, v. 32, n.4, p. 1229-1245, 2007.

HILLIER, F. S. **Introdução à pesquisa operacional**. McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda. São Paulo: 2006.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2010.

HESKETT, J. L. **Cube-per-order index: as key to warehouse stock location**. *Transportation and Distribution Management*, v. 3, p.27-31, Apr. 1963.

HESKETT, J. L. **Putting the cube-per-order index to work in warehouse layout**. *Transportation and Distribution Management*, v. 4, p. 23-30, Aug. 1964.

INTERNACIONAL LETTER OF CREDIT. **Draft under export letters of credit**. Disponível em: <<http://www.creditmanagementworld.com/letterofcredit/lcinternationaldrafts.html>>. Acesso em: 10 de nov. 2016.

KEEDI S. MENDONÇA P. C.C. **Procedimentos de Estufagem**. Disponível em: <<http://cursosnocd.com.br/logistica/procedimentos-na-estufagem.htm>>. Acesso em: 19 de jul. 2016.

LAW, A. M; KELTON, W. D. **Simulation Modeling & Analysis**. McGraw-Hill Books, NY. *Second Edition*, 1991.

LOUREIRO, SÉRGIO A. **Uso integrado de métodos de simulação de eventos discretos e contínuos na resolução de problemas logísticos em parques de diversão**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, 2009.

MAYO, D. D., WICHMANN, K. E. **Tutorial on Business and Market Modeling to Aid Strategic Decision Making: System Dynamics in Perspective and Selecting Appropriate Analysis Approaches**. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 2003.

MINISTÉRIO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Lançado programa de investimentos em portos**. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/investimento-e-pac/noticias/lancado-programa-de-investimentos-em-portos>>. Acesso em: 01 out. 2016.

MITROFF, I., Betz, F., Pondy, L., and Sagasti, F. (1974) **On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole system phenomenon**. *Interfaces*, Vol. 4, No. 3, p.46-58.

MOORE, J. H. E WEATHERFORD, L. R. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. 6a ed. Bookman: Porto Alegre, 2005.

NEVES M. A. O. *Troughput* – uma nova medida de produtividade em armazéns. São Paulo, 2009. Disponível em:  
<<http://www.guialog.com.br/artigo/Y675.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

PIDD, M., Robinson, S.L. ***Provider and customer expectations of successful simulation projects***. In: *Journal of the Operational Research Society*. 49, 3, p. 200-209. 10 p. 1998.

PORTO DE ITAPOÁ REGISTROU AUMENTO NA MOVIMENTAÇÃO DE CARGA EM 2015. **Porto Itapoá**. 10 fev 2016. Disponível em:  
<[http://www.portoitapoa.com.br/noticia/Porto\\_Itapoa\\_registrou\\_aumento\\_na\\_movimentacao\\_de\\_carga\\_em\\_2015/497](http://www.portoitapoa.com.br/noticia/Porto_Itapoa_registrou_aumento_na_movimentacao_de_carga_em_2015/497)>. Acesso dia 20 de ab. 2016.

PORTO ITAPOÁ. **Porto Itapoá**. Disponível em:  
<<http://www.portoitapoa.com.br/institucional/73>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

PORTOGENTE. **Demurrage e Detention**. 13 jun. 2011. Disponível em:  
<<https://portogente.com.br/noticias/noticias-do-dia/41245-demurrage-and-detention>>. Acesso em: 24 out. 2016.

PROIMPORT. **Dicionário de Comércio Exterior**. Disponível em:  
<<http://www.proimportsmotors.com.br/dicionario-de-comercio-exterior/>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

QUEIROZ, G. **Crescimento no volume de carga marítima exigirá planejamento e gestão eficientes do setor portuário**. São Paulo, 2016. Disponível:  
<<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/imprensa/2016/02/1,82644/crescimento-no-volume-de-carga-maritima-exigira-planejamento-e-gestao-eficientes-do-setor-portuario.html>>. Acesso em: 10 set. 2016.

RODRIGUES, P. R. A. **Gestão Estratégica de Armazenagem**. 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2003.

RODRIGUE J. P. NOTTEBOOM T. ***Foreland- based regionalization: Integrating intermediate hubs with port hinterlands***. Bélgica, 2009. Disponível em:  
<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.732.4222&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 10 de nov. 2016.

SANCHES, L. M. **Análise do acúmulo da demanda logística no final do período de comercialização**: um modelo de Dinâmicas de Sistema para o setor de bens de consumo brasileiro. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, 2009.

SIMON, H. **Comportamento Administrativo: estudo dos processos decisórios nas organizações administrativas**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1965.

SILVA, V. M.D. **Transporte Colaborativo Marítimo**: uma análise sob a ótica do método *System Dynamics* aplicada à indústria manufatureira. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2012.

STERMAN, J. ***Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world***. McGraw-Hill Companies: USA, 2000.

STERMAN, J. ***All Models are wrong: reflections on becoming a system scientist***. *System Dynamics Review*– vol. 18.501–531, 2002.

YOSHISAKI, H. T. Y. **Planejamento e projeto de bases de modelos quantitativos de auxílio à decisão**. Tese de doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.